

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## **Návrh čerpacího zařízení na kanalizačním řadu pro přečerpávání odpadních vod**

Design of Pumping Equipment  
on the Sewage Line for Wastewater Pumping

Student:	Dominik Juchelka
Osobní číslo:	JUC0030
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Sylva Drábková, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## Zadání bakalářské práce

Student: **Dominik Juchelka**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení

Téma: **Návrh čerpacího zařízení na kanalizačním řadu pro přečerpávání  
odpadních vod  
Design of Pumping Equipment on the Sewage Line for Wastewater  
Pumping**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte teoretický základ k danému tématu.
2. Určete výpočtem pro zadané vstupní údaje:
  - vztlakovou sílu působící na betonovou nádrž,
  - přítok do čerpací stanice,
  - průměr kanalizačního přívodního potrubí,
  - potřebnou akumulaci v čerpací stanici,
  - tlakové ztráty ve výtlaku,
  - dopravní výšku čerpadla,
  - čerpané množství jednoho čerpadla,
  - spínání čerpadla a dobu čerpání.
3. Vyberte vhodné čerpadlo pro daný čerpací systém.

Seznam doporučené odborné literatury:

MELICHAR, J., BLÁHA, J. *Problematika soudobé čerpací techniky*. Praha: ČVUT, 2007. 265 s. ISBN 978-80-01-03719-5.

BLÁHA, J., BRADA, K. *Hydraulické stroje*. 1st edition Praha: SNTL, 1992. 747 s. ISBN 80-03-00665-1.

BLEJCHAR, T., DRÁBKOVÁ, S. *Čerpací technika a potrubí, návody do cvičení*. VŠB-TUO, Ostrava, 2010. 76 s. ISBN 978-80-248-2205-1.[online].  
Dostupné na <http://www.338.vsb.cz/studium/skripta/>.

PACIGA, A. a kol. *Čerpacia technika*. Bratislava: ALFA, 1984. 223 s.

Zákon č. 274/2001 Sb. *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*, dostupné na: <https://www.zakonyprolidi.cz/>.

KUČERA, T., KADULA, D. *Stanovení potřeby vody v případě malých spotřebišť*.  
Dostupné na: <https://voda.tzb-info.cz/>.

BOLDIŠ, P. *Bibliografické citace podle dokumentů ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2, část 2 – Modely a příklady citací u jednotlivých typů dokumentů*. [online].  
Dostupné na <http://www.boldis.cz/citace/citace2.pdf>.

*Zásady pro vypracování kvalifikační práce*. FS\_SME\_05\_003.  
Dostupné na [iso.fs.vsb.cz/SME/FS\\_SME\\_05\\_003.pdf](http://iso.fs.vsb.cz/SME/FS_SME_05_003.pdf).

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Sylva Drábková, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



---

doc. Dr. Ing. Lumír Hružík  
vedoucí katedry



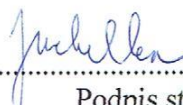
---

prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

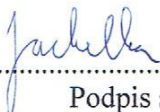
V Ostravě dne 18. května 2020.

  
.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020.

  
.....  
Podpis studenta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

JUCHELKA, D. *Návrh čerpacího zařízení na kanalizačním řádu pro přečerpávání odpadních vod: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2020, 75 s. Vedoucí práce: Drábková, S.

Bakalářská práce se zabývá návrhem čerpací stanice odpadních vod. Teoretická část obsahuje základní informace o funkci čerpacích stanic, rozdělení čerpacích stanic a definici odpadních vod. Dále teoretická část pojednává o režimech proudění kapalin v potrubí, vzniku ztrát v potrubí a problematice čerpání odpadních vod pomocí hydrodynamických čerpadel. Praktická část obsahuje návrh přívodního potrubí, akumulace odpadní vody, kalového čerpadla a výtláčného řádu. Stavební část konstrukce čerpací stanice není předmětem bakalářské práce. Praktická část je provedena dle technického standardu společnosti SmVaK. Závěrem praktické části je teoretický rozbor a návrh čerpací stanice se separací tuhých látek.

*Klíčová slova: čerpací zařízení; odpadní vody; kanalizační řád*

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

JUCHELKA, D. *Design of Pumping Equipment on the Sewage Line for Wastewater Pumping: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2020, 75 p. Thesis head: Drábková, S.

The bachelor's thesis deals with the design of a wastewater pumping station. The theoretical part contains fundamental information about the function of pumping stations, the division of pumping stations and the definition of wastewater. Furthermore, its theoretical part deals with the modes of fluid flow in the pipeline, the formation of losses in the pipeline and the matter of pumping wastewater by using the hydrodynamic pumps. The practical part consists of the design of the inflow pipeline, the accumulation of the wastewater, the wastewater pump and the discharge pipeline. The construction part of the pumping station structure is not the subject of the bachelor thesis. The practical part is performed according to the technical standards of the SmVaK company. The conclusion of the practical part is created by a theoretical analysis and a design of a pumping station with solids separation.

*Keywords: Pumping Equipment; Wastewater; Sewage Line*

# **OBSAH**

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK .....</b>	<b>5</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1 ČERPAČÍ STANICE .....</b>	<b>11</b>
1.1 Základní informace .....	11
1.2 Stručný popis jednotlivých stanic .....	11
1.2.1 Vodárenské čerpací stanice.....	11
1.2.2 Kanalizační a odvodňovací čerpací stanice .....	11
1.2.3 Závlahové čerpací stanice .....	12
1.2.4 Průmyslové čerpací stanice.....	12
1.3 Funkce a použití přečerpávací stanice na kanalizačním řádu .....	12
1.4 Základní části přečerpávací kanalizační stanice .....	13
<b>2 ODPADNÍ VODY .....</b>	<b>13</b>
2.1 Definice odpadních vod .....	13
2.2 Druhy odpadních vod .....	14
<b>3 ZÁKLADY HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU .....</b>	<b>14</b>
3.1 Úvod.....	14
3.2 Přehled důležitých vztahů .....	15
3.3 Základní pojmy .....	16
3.4 Režimy proudění a ztráty potrubí.....	18
3.4.1 Vznik ztrát v potrubí .....	18
3.4.2 Proudění v potrubí .....	19
3.4.3 Ztráty třením po délce.....	20
3.4.4 Ztráty místní.....	22
3.4.5 Určení charakteristiky potrubí .....	23
3.5 Gravitační proudění v potrubí .....	24
<b>4 HYDRODYNAMICKÁ ČERPADLA .....</b>	<b>27</b>
4.1 Funkce .....	27
4.2 Rozdělení čerpadel podle průtoku oběžným kolem .....	27
4.3 Základní konstrukce kalového čerpadla .....	28
<b>5 TEORETICKÝ ROZBOR ZADÁNÍ PRO VÝPOČET .....</b>	<b>32</b>
<b>6 VÝPOČET VZTLAKOVÉ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA NÁDRŽ.....</b>	<b>34</b>

<b>7</b>	<b>HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET .....</b>	<b>39</b>
7.1	Průměrné denní množství odpadních vod .....	40
7.2	Maximální denní průtok .....	40
7.3	Maximální hodinový průtok .....	40
<b>8</b>	<b>NÁVRH PŘÍVODNÍHO KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>VÝPOČET AKUMULACE PŘEČERPACÍ STANICE .....</b>	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>NÁVRH VÝTLAČNÉHO SYSTÉMU .....</b>	<b>47</b>
10.1	Popis výtlačného systému .....	47
10.2	Výpočet ztrát ve výtlačku a volba vhodného potrubí .....	48
10.3	Volba optimálního čerpadla .....	50
10.4	Technický popis čerpadla FLYGT N-pump .....	52
10.5	Výpočet počtu zapnutí čerpadla .....	53
<b>11</b>	<b>ČERPACÍ STANICE SE SEPARACÍ TUHÝCH LÁTEK .....</b>	<b>55</b>
11.1	Základní informace a funkce separace odpadních vod .....	55
11.2	Příklad návrhu čerpací stanice se separací tuhých látek .....	56
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>62</b>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Značka	Název	Jednotka
$a$	kóta vnitřní úseče ( <i>Obr. 16, str. 34</i> )	(mm)
$A$	specifická potřeba vody pro obyvatelstvo	(l·(os·den) <sup>-1</sup> )
$b$	kóta vnější úseče ( <i>Obr. 16, str. 34</i> )	(mm)
$B$	potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost	(l·(os·den) <sup>-1</sup> )
$C$	spotřeba vody průmyslem	(l·(os·den) <sup>-1</sup> )
$C_S$	rychlostní součinitel rovnoměrného proudění v korytech	(m <sup>0,5</sup> ·s <sup>-1</sup> )
$d$	vnitřní průměr potrubí	(m)
$D$	množství balastní vody	(l·(os·den) <sup>-1</sup> )
$d_1$	vnitřní průměr nádrže	(m)
$d_2$	vnější průměr nádrže	(m)
$d_h$	hydraulický průměr	(m)
$d_s$	vnitřní průměr potrubí v sání	(m)
$d_V$	vnitřní průměr potrubí ve výtlačku	(m)
$EO$	počet obyvatel	(l)
$f$	stupeň plnění v potrubí	(l)
$F_{VZ}$	vztlaková síla objemu kapaliny	(N)
$g$	tíhové zrychlení	(m·s <sup>-2</sup> )
$G_N$	tíhová síla nádrže	(N)
$h_1$	kóta dna nádrže vnitřní	(m n. m.)
$h_{1Z}$	kóta základové spáry	(m n. m.)
$h_2$	kóta vrchního líce nádrže	(m n. m.)
$h_a$	výška armaturní komory vyjma betonu	(mm)
$h_b$	výška armaturní komory zahrnující beton	(mm)
$H_D$	dopravní výška	(m)
$h_{H3}$	nová upravená výška pod armaturní komorou	(m)
$h_{HAVARIJNI}$	výška havarijní hladiny	(m)
$h_{hod}$	výška přívodního potrubí nad dnem stanice	(m)
$h_{HSMVAK}$	výška pod armaturní komorou – viz <i>Obr. 17</i>	(m)
$h_{KAP}$	výška kapaliny v potrubí	(m)
$HPV$	kóta hladiny podzemní vody	(m n. m.)

$h_s$	sací výška	(m)
$h_v$	výtlačná výška	(m)
$h_z$	ztrátová výška	(m)
$h_{ZKAP}$	výška mezi zapínací a vypínací hladinou	(m)
$h_{zs}$	ztrátová sací výška	(m)
$h_{zv}$	ztrátová výtlačná výška	(m)
$i$	poměrný spád potrubí	(1)
$k$	absolutní drsnost vnitřní stěny potrubí	(mm)
$K$	odporová konstanta potrubí	(m <sup>-4</sup> )
$k_d$	koeficient denní nerovnoměrnosti	(1)
$k_h$	koeficient hodinové nerovnoměrnosti	(1)
$k_{VZ}$	bezpečnostní koeficient vztlakové síly	(1)
$l$	délka potrubí	(m)
$l_s$	délka potrubí v sání	(m)
$l_v$	délka potrubí ve výtlačku	(m)
$m_{BETON_{ARMK}}$	hmotnost plně betonové armaturní komory	(kg)
$m_{BETON_{DNO}}$	hmotnost dna betonové nádrže	(kg)
$m_{BETON_{MEZ}}$	hmotnost dutého válce betonové nádrže	(kg)
$m_{BETON_{VZD}}$	hmotnost betonu ve vzduchovém objemu komory	(kg)
$m_{BETON}$	celková hmotnost betonu nádrže	(kg)
$m_{SPAD}$	hmotnost spádování dna nádrže	(kg)
$m_{VODA}$	hmotnost vodního sloupce	(kg)
$n_0$	stupeň drsnosti závislý na jakosti omočeného povrchu	(1)
$O$	omočený obvod	(m)
$P_H$	hydraulický výkon	(W)
$p_{SN}$	tlak v sací nádrži	(Pa)
$p_{VN}$	tlak ve výtlačné nádrži	(Pa)
$Q_{\check{C}}$	průtok čerpadlem při čerpání	(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
$Q_{dm}$	maximální denní průtok	(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
$Q_{dp}$	průměrné denní množství odpadních vod	(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
$Q_{hm}$	maximální hodinový průtok	(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
$qn$	koeficient průtoku při částečném plnění	(1)

$Q_N$	návrhový průtok	$(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
$Q_P$	průtok při plném plnění	$(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
$Q_{SP}$	průtok při částečném plnění	$(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
$Q_v$	objemový průtok	$(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
$r$	poloměr armaturní komory ( <i>Obr. 16, str. 34</i> )	$(\text{mm})$
$Re$	Reynoldsovo číslo	$(1)$
$r_h$	hydraulický poloměr	$(\text{m})$
$r_T$	poloměr těžiště od osy rotace	$(\text{m})$
$S$	plocha průřezu	$(\text{m}^2)$
$S_{SPAD}$	plocha řezu tělesa v rovině osy rotace	$(\text{m}^2)$
$t_{Č1}$	čas plnění jímky	$(\text{s})$
$t_{Č2}$	čas vyprazdňování jímky čerpadlem	$(\text{s})$
$t_1$	tloušťka stěny nádrže	$(\text{m})$
$t_2$	tloušťka dna nádrže	$(\text{m})$
$t_{2,0}$	čas čerpání při nulovém přítoku	$(\text{s})$
$t_{2,P}$	čas čerpání při daném druhu přítoku	$(\text{s})$
$v$	rychlost kapaliny v daném průřezu potrubí	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
$v_a$	vzdálenost vnitřní úseče od středu ( <i>Obr. 16, str. 34</i> )	$(\text{mm})$
$v_b$	vzdálenost vnější úseče od středu ( <i>Obr. 16, str. 34</i> )	$(\text{mm})$
$V_{H1}$	původní objem pod armaturní komorou dle <i>Obr. 17</i>	$(\text{m}^3)$
$V_{H2}$	objem ve výšce armaturní komory	$(\text{m}^3)$
$V_{H2\text{VODA}}$	míra zaplnění objemu $V_{H2}$ vodou	$(\text{m}^3)$
$V_{H3}$	nová hodnota výšky pod armaturní komorou	$(\text{m}^3)$
$V_n$	koeficient rychlosti při částečném plnění	$(1)$
$v_P$	rychlost při plném plnění	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
$V_{Q6\text{hod}}$	havarijní objem	$(\text{m}^3)$
$V_{Q\text{hod}}$	objem pod přítokovým potrubím	$(\text{m}^3)$
$v_S$	rychlost kapaliny v sání	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
$v_{SN}$	rychlost pohybu hladiny v sací nádrži	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
$v_{ST}$	střední rychlost v potrubí	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
$v_{SP}$	rychlost při plném plnění	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
$V_{SPAD}$	objem spádování dna	$(\text{m}^3)$
$v_V$	rychlost kapaliny ve výtlaku	$(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$

$v_{VN}$	rychlost pohybu hladiny ve výtlačné nádrži	(m·s <sup>-1</sup> )
$V_{ZV}$	objem mezi zapínací a vypínací hladinou	(m <sup>3</sup> )
$x_A$	délka základny trojúhelníka spádování dna (viz <i>Obr. 17</i> )	(mm)
$Y$	měrná energie	(J·kg <sup>-1</sup> )
$y_A$	výška trojúhelníka spádování dna (viz <i>Obr. 17</i> )	(mm)
$Y_d$	dopravní energie (energie dodaná čerpadlem)	(J·kg <sup>-1</sup> )
$Y_{ST}$	statická měrná energie	(J·kg <sup>-1</sup> )
$Y_Z$	ztrátová měrná energie	(J·kg <sup>-1</sup> )
$z$	spád potrubí	(m)
$z_P$	počet zapnutí čerpadla	(1)
$\alpha$	úhel vnější výseče ( <i>Obr. 16, str. 34</i> )	(°)
$\beta$	úhel vnitřní výseče ( <i>Obr. 16, str. 34</i> )	(°)
$\varepsilon$	relativní drsnost	(1)
$\sum \xi_v$	součet místních ztrát potrubí	(1)
$\eta_C$	celková účinnost	(1)
$\eta_H$	hydraulická účinnost	(1)
$\eta_M$	mechanická účinnost	(1)
$\eta_V$	objemová účinnost	(1)
$\lambda$	ztrátový součinitel pro ztráty třením	(1)
$\lambda_{KONEČNÁ}$	výsledná hodnota iterace ztrátového koeficientu	
$\lambda_S$	třecí součinitel sací části potrubí	(1)
$\lambda_V$	třecí součinitel výtlačné části potrubí	(1)
$\xi_S$	místní ztráta v sání	(1)
$\xi_V$	místní ztráta ve výtlačku	(1)
$\rho$	hustota kapaliny	(kg·m <sup>-3</sup> )
$\rho_1$	měrná hmotnost stěny a dna nádrže	(kg·m <sup>-3</sup> )
$\rho_2$	měrná hmotnost vody	(kg·m <sup>-3</sup> )
$\nu$	kinematická viskozita kapaliny v potrubí	(m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> )

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Celý název
1D	jednorozměrný
ČOV	čistička odpadních vod
ČS	čerpací stanice
ČSN	Česká technická norma
DIN	Německá národní norma
DN	jmenovitá světlost potrubí
SmVaK	Severomoravské vodovody a kanalizace

## ÚVOD

Čerpací stanice odpadních vod je nedílnou součástí kanalizačního řádu. Její funkce spočívá především v přečerpávání odpadní vody z níže položeného místa do místa vyššího. Základem každé stanice je čerpací zařízení, které je zastoupeno hydrodynamickým odstředivým čerpadlem, často dvojicí čerpadel z důvodu 100 % zálohy. Čerpadlo může být podle konstrukčních dispozic každé stanice instalováno v suché nebo mokré jímce. Při volbě mokré jímky se využívá ponorné kalové čerpadlo s mělnicím zařízením s dostatečně velkou průchodností, aby byla zabezpečena možnost čerpání větších částic a vláken. Volba správného čerpadla je nesmírně důležitá, protože v odpadní vodě jsou v dnešní době přítomny látky různorodé povahy (látky z pracích prostředků, různé soli, apod.), které působí agresivně na lopatková kola čerpadel.

Jak již bylo zmíněno, odpadní vody způsobují potíže při čerpání. Z tohoto důvodu je moderním trendem využívání čerpací stanice se separací tuhých látek. Při využití této technologie nepříjde čerpadlo do kontaktu s takovým množstvím pevných částic a vláken. Separace funguje na principu samostatně oddělených komor a jejich spojení skrze potrubí čerpadel. Další výhodou je konstrukce, stanice se instaluje jako jeden celek. Odpadá také nutnost použití česlí. Tento typ má ale své nevýhody, patří mezi ně hlavně vyplavení nečistot z čerpací stanice do dalšího úseku kanalizace.

Cílem této práce je navrhnout dle Technického standardu SmVaK čerpadlo s přívodním a výtlačným potrubím. Závěrem práce je návrh čerpací stanice se separací pevných látek, která by typově odpovídala potřebám tohoto technického řešení.

# 1 ČERPACÍ STANICE

## 1.1 Základní informace

Čerpací stanice je soubor zařízení, které slouží různým účelům. Nejčastěji se s nimi setkáváme ve vodním hospodářství v podobě od jednoduchých provozních souborů až po složité provozní celky.

Je tvořena několika prvky, v základním pojetí se jedná o hydraulickou soustavu, která se skládá z potrubí a čerpadla. Podle účelu použití, provozu a umístění volíme další parametry, např. způsob pohonu, typ čerpadla a jejich počet nebo rozsah dalšího příslušenství (armatury, různé snímače, apod.).

Čerpací stanice lze podle svého účelu použití rozdělit na:

- vodárenské,
- kanalizační a odvodňovací,
- závlahové,
- průmyslové.

## 1.2 Stručný popis jednotlivých stanic

### 1.2.1 Vodárenské čerpací stanice

Tyto stanice mají uplatnění v zásobovacích systémech jak užitkové, tak pitné vody. Jejich výstavba probíhá přímo u zdrojů vody (povrchové nebo podzemní zdroje). Často se tento typ používá do vrtů a studní, společně s vertikálními nebo ponornými čerpadly. Další typické použití je čerpání povrchové vody z vodních toků (vertikální čerpadla).

### 1.2.2 Kanalizační a odvodňovací čerpací stanice

Odvádění a čištění odpadních vod je další významnou oblastí dopravy kapalin. Kanalizační přečerpávací stanice splaškových vod je popsána podrobněji v dalších částech této práce (viz 1.3, 1.4). Stanice, která je určena pro dopravu dešťové vody, plní svůj účel hlavně při velkém množství dešťových srážek nebo při tání velkého množství sněhu. Často se též nazývá odvodňovací stanice, u tohoto typu se používá ponorné nebo šnekové čerpadlo.

### **1.2.3 Závlahové čerpací stanice**

Tento typ se používá pro zavlažování navržené zavlažovací plochy. V základním pojetí se dělí na primární a sekundární, popř. terciální atd. Primární stanice odebírá vodu přímo ze zdroje, avšak sekundární, popř. terciální, předává vodu do zavlažovací sítě. Dále je můžeme dělit na:

- nízkotlaké,
- otevřené,
- mobilní,
- plovoucí.

### **1.2.4 Průmyslové čerpací stanice**

Tento typ je hojně používán v mnoha odvětvích průmyslu, např. chemický a petrochemický průmysl, strojírenství nebo potravinářský průmysl. Výhodou je možnost dopravy chemicky agresivních či hořlavých typů kapalin, např. louhy a kyseliny nebo různé ropné produkty. Tyto stanice jsou velice často plně automatizovány.

## **1.3 Funkce a použití přečerpávací stanice na kanalizačním řádu**

Přečerpávací stanice splaškových vod je zařízení, které se používá v části stokovací sítě, není-li možný gravitační způsob dopravy splašků. Dalším důvodem jejího použití může být např. překonání překážky na plánované trase stokovací sítě či nemožnost zaústění nové stoky do staré z důvodu nevyhovujících výškových poměrů.

V praxi se rovněž často používá jako součást ČOV. Splašková voda je zde znečištěna mechanicky, biologicky a chemicky.



## 1.4 Základní části přečerpávací kanalizační stanice

Základní částí každé čerpací stanice je čerpadlo společně s pohonem, který může být řešen elektromotorem, toto provedení se používá nejčastěji, nebo spalovacím motorem. Při řešení pomocí spalovacího motoru se volí Dieselův. Čerpadla bývají volena jako hydrodynamická, která používají nepřímou přeměnu energie. Transformují mechanickou práci čerpadla na zvýšení potenciální energie pomocí kinetické energie. Další důležitou částí je potrubí, při volbě je nutné volit větší tloušťku kvůli korozi, nebo použít ochranný povlak potrubí. Potrubí při vedení v zemi má být umístěno v nezámrzné hloubce. Na výtlačné části potrubí má být připojena zpětná a uzavírací armatura, v nejvyšším místě by měla být použita od vzdušňovací armatura. Celý hydraulický obvod je podle potřeby osazen čidly pro měření tlaku, průtokoměry a hladinovými snímači. Všechny výše vyjmenované části jsou umístěny v jímce, která je často skládaná z betonových segmentů jako studna. Vedle čerpací stanice je umístěn technologický rozvaděč a elektroměrový rozvaděč spolu s rozvaděčem pro přenos na dispečink. [8]

## 2 ODPADNÍ VODY

### 2.1 Definice odpadních vod

Za odpadní vodu můžeme považovat jakoukoliv vodu, která má po použití jiné vlastnosti, ať už fyzikální nebo chemické, lišící se od původního stavu. Dále lze definici odpadní vody vztáhnout také na vodu, která je odváděna z určitého místa pomocí stokovací sítě. [8]

Mezi odpadní vody patří:

- splašky,
- odpadní vody ze srážek,
- podzemní vody,
- vody použité speciálně na oplach pozemních komunikací,
- infekční vody.

## 2.2 Druhy odpadních vod

Mezi nejčastěji stokované druhy odpadních vody patří vody srážkové, které jsou zastoupeny hlavně deštěm, popř. tajícím sněhem, a vody splaškové. Splašky patří mezi odpadní vody s širokým rozpětím obsažených látek a s různě velkými částicemi. Částice mohou být volně rozptýlené nebo rozpuštěné, často se ale jedná i o velké kusy (např. zbytky jídel, papíry, hmoty, atd.). Charakter splašků se z chemického hlediska může velmi lišit. Velká část je sice organického původu, ale nesmíme opomenout různé čisticí a mycí prostředky a zbytky různých prášků, které se také ve stokách objevují. Tyto splašky jsou odváděny z domácností, jídelen a různých hygienických zařízení (např. toalety, umývárny, apod.). Ve speciálních případech můžeme do kategorie odpadních vod zařadit i vody podzemní, objevující se ve výkopech pro stavební účely (např. výkopy pro inženýrské sítě). Důvodem započítávání mezi odpadní vody je odvod stokami. Dalším zástupcem je voda s mycími prostředky, která je používána na oplach komunikací s téměř neprosákavým povrchem, voda se poté musí pomocí speciálních strojů na úklid komunikací stahovat do kanalizačního řádu. Nejproblémovějším typem odpadních vod jsou bezesporu infekční odpadní vody, které obsahují velké množství choroboplodných zárodků. Nesmí být bez předchozí dekontaminace vpuštěny do kanalizačního řádu, mohlo by totiž dojít ke vzniku závažných epidemií nebo k zamoření podzemních vod. Infekční odpadní vody pochází z farmaceutických výroben léčiv a očkovacích sér, z kafilérií a jatek nebo z nemocnic a z dalších různě infikovaných zařízení a stanic. [3][14]

## 3 ZÁKLADY HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU

### 3.1 Úvod

Tato kapitola se věnuje vztahům a pojmům, které jsou spjaté s hydraulickou dopravou kapaliny pomocí tlakového potrubí a čerpadla. Základem je bilancování jednotlivých druhů energií pomocí Bernoulliho rovnice, která v případě nulového průtoku nezahrnuje žádné ztráty, ale při dopravě kapaliny systémem se objevují ztráty místní a ztráty třením po délce. Při různém režimu proudění a drsnosti potrubí se liší i způsob výpočtu jednotlivých ztrát (součinitel  $\lambda$ ), používají se vztahy podle různých autorů.

### 3.2 Přehled důležitých vztahů

Objemový průtok  $Q_v$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) – je množství kapaliny, která projde určitým průřezem za jednu sekundu. Vychází z rovnice kontinuity –

viz *Rovnice (1)*,

$$Q_v = S \cdot v \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

kde

$S$  ( $\text{m}^2$ ) – je plocha průřezu,

$v$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) – je rychlost kapaliny v daném průřezu.

Měrná energie  $Y$  ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) – je energie, kterou musí čerpadlo předat kapalině pro překonání ztrát a dosažení určitého objemového průtoku  $Q_v$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) – viz *Rovnice (2)*, vychází z Bernoulliho rovnice.

$$Y = Y_{ST} + Y_Z \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (2)$$

kde

$Y_{ST}$  ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) – statická měrná energie,

$Y_Z$  ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) – ztrátová měrná energie.

Hydraulický výkon  $P_H$  (W) – výkon přenášený hydraulickým obvodem – viz *Rovnice (3)*,

$$P_H = Q_v \cdot \rho \cdot g \cdot H_D \quad (\text{W}) \quad (3)$$

kde

$Q_v$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) – je objemový průtok,

$\rho$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) – je hustota kapaliny,

$g$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ) – je tíhové zrychlení,

$H_D$  (m) – je dopravní výška, je to součet sací, výtlačné a ztrátové výšky.

Celková účinnost  $\eta_C$  (1) – zahrnuje hydraulické, mechanické a objemové ztráty – viz Rovnice (4),

$$\eta_C = \eta_H \cdot \eta_M \cdot \eta_V \quad (1) \quad (4)$$

kde

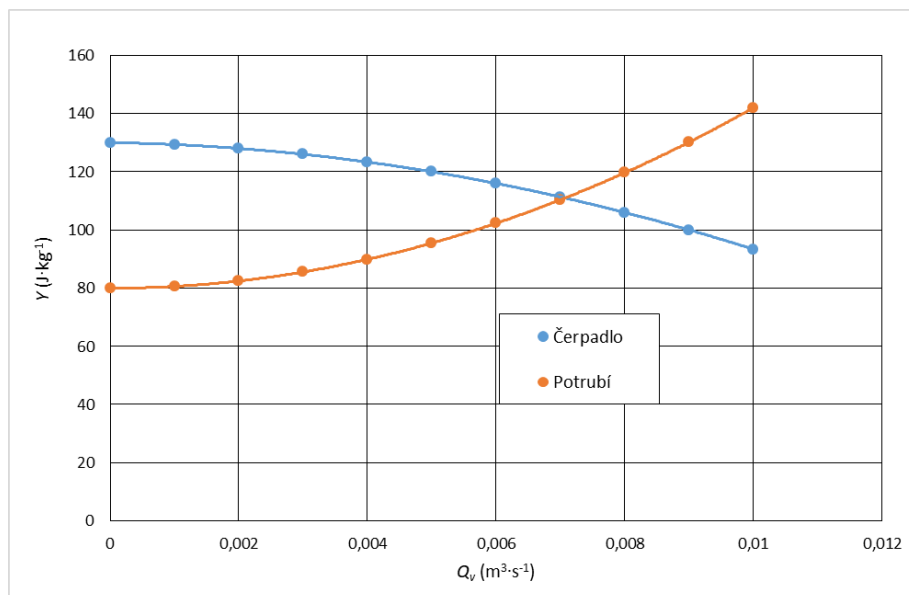
$\eta_H$  (1) – je hydraulická účinnost,

$\eta_M$  (1) – je mechanická účinnost,

$\eta_V$  (1) – je objemová účinnost.

### 3.3 Základní pojmy

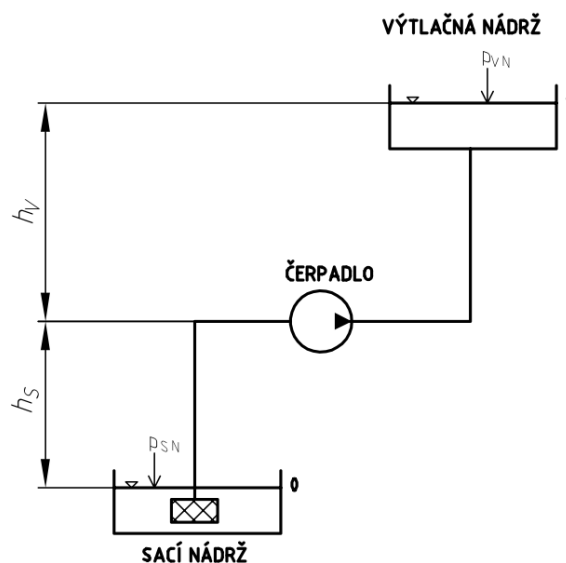
Celý systém na dopravu kapaliny je tvořen tlakovým potrubím a hydrodynamickým čerpadlem. Tyto dva prvky (potrubí a čerpadlo) spojuje závislost  $Y$  ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) –  $Q_v$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), která se nazývá charakteristika potrubí a čerpadla – viz Obr. 1. Tato charakteristika říká, kolik energie je nutno dodat kapalině při určitém průtoku. Čerpadlo energii kapalině dodává, zatímco potrubí ji díky ztrátám po délce a místním odporům spotřebovává. Křivka potrubí protíná křivku čerpadla v jednom konkrétním bodě nazývaném provozní bod systému, pro tento bod hledáme optimální čerpadlo s parametry  $Q_v$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a  $Y$  ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).



Obr. 1 – Graf charakteristiky potrubí a čerpadla

(Zdroj: vlastní)

Výpočet parametrů systému je založen na bilancování energií mezi dvěma nádržemi – sací a výtlačnou (označení hladin 0 a 1) – viz *Obr. 2*. Toto bilancování provádíme pomocí Bernoulliho rovnice – viz *Rovnice (5)*, která říká, že součet tlakové, potenciální a kinetické měrné energie kapaliny je stále konstantní. V případě, kdy v určitém průřezu potrubí není známá rychlost, lze tuto rychlost dopočítat pomocí rovnice kontinuity pro jednoduché 1D proudění. Rovnice kontinuity pracuje s tím, že objemový průtok  $Q_v$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) je v každém průřezu konstantní.



*Obr. 2* – Schéma pro čerpání kapaliny mezi dvěma nádržemi  
(Zdroj: vlastní)

Bernoulliho rovnice pro hladiny 0 – 1:

$$\frac{p_{SN}}{\rho} + 0 + 0 + Y_d = \frac{p_{VN}}{\rho} + g \cdot (h_S + h_V) + g \cdot (h_{ZS} + h_{ZV}) \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (5)$$

$$Y_d = \frac{p_{VN} - p_{SN}}{\rho} + g \cdot (h_S + h_V) + g \cdot (h_{ZS} + h_{ZV}) \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (6)$$

$$Y_d = Y_{ST} + Y_Z \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (7)$$

$$Y_{ST} = \frac{p_{VN} - p_{SN}}{\rho} + g \cdot (h_S + h_V) \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (8)$$

$$Y_Z = g \cdot (h_{ZS} + h_{ZV}) \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (9)$$

kde jednotlivé veličiny značí:

$v_{SN}$	$(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	– rychlost pohybu hladiny v sací nádrži ( $v_{SN} = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),
$v_{VN}$	$(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	– rychlost pohybu hladiny ve výtlačné nádrži ( $v_{VN} = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),
$p_{SN}$	$(\text{Pa})$	– tlak v sací nádrži,
$p_{VN}$	$(\text{Pa})$	– tlak ve výtlačné nádrži,
$\rho$	$(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	– hustota kapaliny,
$g$	$(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$	– tíhové zrychlení,
$h_S$	$(\text{m})$	– sací výška,
$h_V$	$(\text{m})$	– výtlačná výška,
$h_{ZS}$	$(\text{m})$	– ztrátová sací výška,
$h_{ZV}$	$(\text{m})$	– ztrátová výtlačná výška,
$Y_d$	$(\text{J}\cdot\text{kg}^{-1})$	– dopravní energie (energie dodaná čerpadlem),
$Y_{ST}$	$(\text{J}\cdot\text{kg}^{-1})$	– statická měrná energie,
$Y_Z$	$(\text{J}\cdot\text{kg}^{-1})$	– ztrátová měrná energie.

### 3.4 Režimy proudění a ztráty potrubí

#### 3.4.1 Vznik ztrát v potrubí

Pokud provádíme bilancování energií, když je průtok  $Q_v = 0 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , nejsou v potrubí přítomny žádné ztráty. Jakmile dojde k čerpání kapaliny, a tedy k proudění, začnou se pohybovat jednotlivé vrstvy kapaliny a bude docházet ke tření mezi těmito vrstvami a dojde i ke tření o stěny potrubí. Tyto ztráty jsou nazývány jako ztráty třením po délce.

Dalším druhem ztrát jsou ztráty místní, ty vzniknou, zařadíme-li do obvodu odporový prvek. Pod tímto prvkem si lze představit různé armatury, kolena či další druhy tvarovek.

### 3.4.2 Proudění v potrubí

Velice důležitým parametrem při výpočtu ztrát v potrubí je režim proudění. Tento režim je charakterizován bezrozměrným parametrem, nazývaným Reynoldsovo číslo  $Re$  (1) – viz Rovnice (10).

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (1) \quad (10)$$

kde

- $v$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) – je rychlost kapaliny v daném průřezu,
- $d$  (m) – je průměr potrubí,
- $\nu$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) – je kinematická viskozita kapaliny v potrubí.

V potrubí mohou nastat tyto druhy proudění:

- laminární ( $Re \leq 2320$ ),
- turbulentní ( $Re > 4000$ ),
- přechodové proudění ( $2320 \leq Re \leq 4000$ ).

Hodnoty  $Re$  pro jednotlivé druhy proudění jsou pouze orientační, v různých literaturách se mohou lišit.

Turbulentní proudění lze rozdělit ještě do těchto tří dalších podoblastí:

- turbulentní proudění v hydraulicky hladkém potrubí,
- turbulentní proudění v hydraulicky drsném potrubí,
- přechodová oblast.

### 3.4.3 Ztráty třením po délce

Při výpočtu těchto ztrát se vychází z Darcy – Weisbachovy rovnice – viz *Rovnice* (11). Vynásobíme-li ztrátovou výšku  $h_z$  (m) tíhovým zrychlením  $g$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), dostaneme měrnou ztrátovou energii  $Y_Z$  ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) – viz *Rovnice* (12). Jedinou neznámou v této rovnici je ztrátový součinitel  $\lambda$  (1). Hodnota tohoto součinitele je ovlivněna druhem proudění v kapalině a v případě turbulentního proudění i relativní drsností.

$$h_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (\text{m}) \quad (11)$$

$$Y_Z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \quad (\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}) \quad (12)$$

kde

- $\lambda$  (1) – je ztrátový součinitel pro ztráty třením,
- $d$  (m) – je průměr potrubí,
- $v$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) – je rychlost kapaliny v daném průřezu potrubí,
- $l$  (m) – je délka potrubí,
- $g$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) – je tíhové zrychlení.

V případě laminárního proudění je  $\lambda = f(Re)$ . Pro tento stav se pro výpočet používá Hagen - Poiseuilleova rovnice - viz *Rovnice* (13).

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (1) \quad (13)$$

kde

- $Re$  (1) – je Reynoldsovo číslo.



U turbulentního proudění se musí zohlednit i drsnost potrubí. Jedná-li se o hydraulicky hladké potrubí, kdy je  $\lambda = f(Re)$ , používá se Blasiovův vztah – viz *Rovnice* (14). Pokud se jedná o přechodovou oblast turbulentního proudění, pak  $\lambda = f(Re, \varepsilon)$ , kde  $\varepsilon$  (1) je relativní drsnost, lze použít Altšulův vztah – viz *Rovnice* (15). Za nejpřesnější v této oblasti je pokládán iterační vztah dle Colebrooka-Whitea. Posledním druhem je rozvinuté turbulentní proudění, kde  $\lambda \neq f(Re)$ , ale  $\lambda = f(\varepsilon)$ , používá se např. Nikuradseho vztah – viz *Rovnice* (16). Pro tyto tři různé oblasti existuje daleko více vztahů podle různých autorů, jejich použití je omezené různým rozsahem  $Re$  a dalšími faktory (drsnost, apod.).

Blasiovův vztah:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (1) \quad (14)$$

Altšulův vztah:

$$\lambda = 0,1 \cdot \left( \frac{100}{Re} + \varepsilon \right)^{0,25} \quad (1) \quad (15)$$

Nikuradseho vztah:

$$\lambda = \frac{1}{[2 \cdot \log(\varepsilon) + 1,138]^2} \quad (1) \quad (16)$$

kde

$Re$  (1) – je Reynoldsovo číslo,

$\varepsilon$  (1) – je relativní drsnost – viz *Rovnice* (17).

Relativní drsnost:

$$\varepsilon = \frac{k}{d} \quad (1) \quad (17)$$

kde

$k$  (mm) – je absolutní drsnost vnitřní stěny potrubí,

$d$  (mm) – je vnitřní průměr potrubí.

### 3.4.4 Ztráty místní

Tyto ztráty vznikají na různých místních odporech v systému (např.: tvarovky, armatury, zúžení průřezu, clony, dýzy, apod.) Přehled jednotlivých ztrát je zachycen v následující tabulce - viz *Tab. 1*.

*Tab. 1* – Výběr z tabulky z článku o místních ztrátách [24]

Místní odpor			Součinitel místního odporu $\xi$ <sup>1)</sup>
Ohyb trubky			0,2
Koleno		90°	1,5
		45°	1,0
Oblouk	Jednoduchý $r \geq 3d$		1,0
	Dvojitý	ostrý	2,0
		mírný	1,0
Tvarovka T	Odbočení (rozdělení)		1,5
	Odbočení (spojení)		1,5
	Průchod (rozdělení)		0,5
	Průchod (spojení)		3,0
	Protiproud		3,0
Kříž		rozdělení	2,0
		spojení	4,0
Redukce		na menší DN	0,5 <sup>2)</sup>
		na větší DN	1,0
Nástěnka koncová i průtočná			3,0
Přechodka na jiný materiál			0,7
Hrdlo čerpadla			1,5
Vtok do nádrže			1,0
Výtok z nádrže			1,0
Zásobníkový ohříváč			3,0
Kompenzátor		osový	0,5
		vlnovcový	2,0
		trubkový	2,0

1) Přesnější hodnoty součinitelů místního odporu se zjistí z dokumentace výrobce tvarovek.  
2) U redukce o 3 až 6 dimenzí je přibližně  $\xi = 1,0$ .

### 3.4.5 Určení charakteristiky potrubí

Cílem určení charakteristiky potrubí je zjistit rovnici křivky, která toto potrubí charakterizuje. Dopravní energie  $Y_d$  lze vyjádřit jako součet statické energie a ztrátové energie, která je závislá na průtoku.

$$Y_d = Y_{ST} + Y_Z \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (18)$$

$$Y_d = Y_{ST} + \left( \lambda_S \cdot \frac{l_S}{d_S} + \sum \xi_S \right) \cdot \frac{v_S^2}{2} + \left( \lambda_V \cdot \frac{l_V}{d_V} + \sum \xi_V \right) \cdot \frac{v_V^2}{2} \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (19)$$

$$v_S = \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot d_S^2} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (20)$$

$$v_V = \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot d_V^2} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (21)$$

$$Y_d = Y_{ST} + \left( \lambda_S \cdot \frac{l_S}{d_S} + \sum \xi_S \right) \cdot \frac{8 \cdot Q_v^2}{\pi^2 \cdot d_S^4} + \left( \lambda_V \cdot \frac{l_V}{d_V} + \sum \xi_V \right) \cdot \frac{8 \cdot Q_v^2}{\pi^2 \cdot d_S^4} \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (22)$$

$$Y_Z = \left( \lambda_S \cdot \frac{l_S}{d_S} + \sum \xi_S \right) \cdot \frac{8 \cdot Q_v^2}{\pi^2 \cdot d_S^4} + \left( \lambda_V \cdot \frac{l_V}{d_V} + \sum \xi_V \right) \cdot \frac{8 \cdot Q_v^2}{\pi^2 \cdot d_S^4} \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (23)$$

$$Y_Z = Q_v^2 \cdot \left[ \left( \lambda_S \cdot \frac{l_S}{d_S} + \sum \xi_S \right) \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot d_S^4} + \left( \lambda_V \cdot \frac{l_V}{d_V} + \sum \xi_V \right) \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot d_S^4} \right] \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (24)$$

$$Y_Z = Q_v^2 \cdot K \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (25)$$

$$Y_d = Y_{ST} + Q_v^2 \cdot K \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (26)$$

kde

$d_S, d_V$  (m) – je vnitřní průměr potrubí v sání (výtlaku),

$l_S, l_V$  (m) – je délka potrubí v sání (výtlaku),

$v_S, v_V$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) – je rychlost kapaliny v sání (výtlaku),

$\xi_S, \xi_V$  (1) – je místní ztráta v sání (výtlaku),

$\lambda_S, \lambda_V$  (1) – je ztrátový součinitel pro ztráty třením v sání (výtlaku),

$K$  ( $\text{m}^{-4}$ ) – je odporová konstanta potrubí.

### 3.5 Gravitační proudění v potrubí

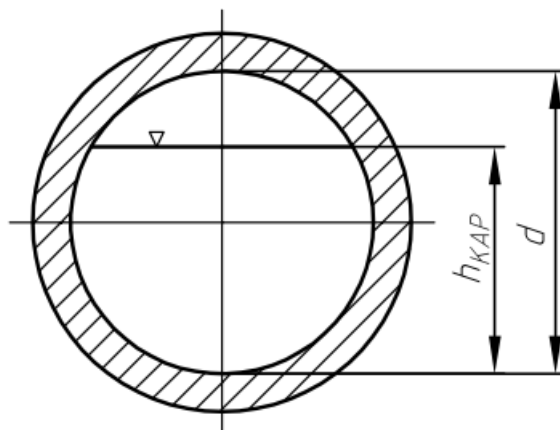
Tento způsob proudění je charakteristický pro gravitační dopravu kanalizačním potrubím. Kapalina se velmi často nedotýká celého obvodu průtočného průřezu, vzniká tak volná hladina a následné tření, díky kterému se maximální rychlost proudění posouvá pod hladinu. Může dojít k rovnoměrnému a nerovnoměrnému pohybu. O pohybu rovnoměrném hovoříme tehdy, nedojde-li po celém úseku potrubí ke změně průřezu a střední rychlosti, volná hladina je ekvidistantní se dnem. Změní-li se na trase potrubí spád, dojde ke změně rychlosti, a tím i ke změně režimu pohybu, vzniká nerovnoměrný pohyb.

Pro popis rovnoměrného ustáleného pohybu v potrubí je nutné zavést několik důležitých veličin. První veličinou je stupeň plnění potrubí  $f(1)$ , který udává poměr výšky kapaliny v potrubí k jeho vnitřnímu průměru – viz *Rovnice (27)*, *Obr. 3*.

$$f = \frac{h_{KAP}}{d} \quad (1) \quad (27)$$

kde

- |           |     |                                |
|-----------|-----|--------------------------------|
| $f$       | (1) | – je stupeň plnění v potrubí,  |
| $h_{KAP}$ | (m) | – je výška kapaliny v potrubí, |
| $d$       | (m) | – je vnitřní průměr potrubí.   |



Obr. 3 – Schéma pro plnění potrubí

(Zdroj: vlastní)

Při návrhu kanalizačního potrubí se stupeň maximálního plnění ( $f = 1$ ) z praktických důvodů nepoužívá. Volí se tak, aby volná hladina byla pod polovinou jmenovité světlosti potrubí, tedy stupeň plnění menší než 0,5. V případě příliš malé hodnoty může dojít k zanesení potrubí. Při uvolnění nečistot vlivem většího průtoku dochází k následné blokaci čerpadla – viz Obr. 4.



Obr. 4 – Nečistoty v systému [11]

Autor Ing. Stanislav Malaník, Ph.D. (2020) uvádí o problémech zanesení potrubí a čerpadel: „Ucpání v důsledku blokování oběžného kola se odstraňuje s vynaložením velkých nákladů. Ucpávání je způsobeno nejčastěji nerovnoměrným nátokem odpadních vod. Při malém nátoky odpadních vod stoupá koncentrace nerozpuštěných látek v odpadní vodě (novodobých hygienických prostředků). V zimním období se do kanalizace dostává posypový materiál, který také způsobuje časté blokace čerpadel.“ [11]

Další důležitý aspekt při návrhu potrubí je jeho spád  $z$  (m). Při gravitační dopravě musí být spád stejný nebo větší, než je hodnota ztrátové výšky. Budeme-li předpokládat rovnost, platí Rovnice (28).

$$z = h_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v_{ST}^2}{2 \cdot g} \quad (m) \quad (28)$$

V rovnici výše – viz Rovnice (28) nemůžeme počítat s průměrem potrubí, protože průtočný průřez není kruhový. Musí být zaveden tzv. hydraulický průměr  $d_h$  (m). Hydraulický průměr je roven čtyřnásobku hydraulického poloměru – viz Rovnice (29).

$$r_h = \frac{S}{O} = \frac{\pi \cdot \frac{d_h^2}{4}}{\pi \cdot d_h} = \frac{d_h}{4} \quad (\text{m}) \quad (29)$$

kde

$S$  (m<sup>2</sup>) – je průtočný průřez,

$O$  (m) – je omočený obvod,

$r_h$  (m) – je hydraulický poloměr,

$d_h$  (m) – je hydraulický průměr.

Dosazením hydraulického průměru  $d_h$  (m) za klasický průměr  $d$  (m) a další úpravou vznikne poměrný spád potrubí  $i$  (1) – viz *Rovnice* (30).

$$i = \frac{z}{l} = \frac{\lambda \cdot v_{ST}^2}{r_h \cdot 8 \cdot g} \quad (\text{m}) \quad (30)$$

kde

$v_{ST}$  (m·s<sup>-1</sup>) – je střední rychlost v potrubí,

$z$  (m) – je spád,

$l$  (m) – je délka potrubí,

$i$  (1) – je poměrný spád.

Z *Rovnice* (30) lze vyjádřit střední rychlost průtoku v korytě  $v_{ST}$  (m·s<sup>-1</sup>). Tato rovnice se nazývá Chezyho rovnice – viz *Rovnice* (31), používá se primárně pro otevřené kanály, koryta řek a beztlaková potrubí.

$$v_{ST} = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{\lambda}} \cdot \sqrt{i \cdot r_h} = C_S \cdot \sqrt{i \cdot r_h} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (31)$$

$C_S$  (m<sup>0,5</sup>·s<sup>-1</sup>) – rychlostní součinitel rovnoměrného proudění v korytech

Existuje však mnoho dalších empirických vztahů pro výpočet rychlostního součinitele  $C_S$  (m<sup>0,5</sup>·s<sup>-1</sup>), které byly získány experimentálně, např. autoři Manning – viz *Rovnice* (32), Pavlovskij – viz *Rovnice* (33), pro použití ve vodohospodářských stavbách.

$$C_S = \frac{1}{n_0} \cdot r_h^{\frac{1}{6}} \quad (\text{m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (32)$$

$$C_S = \frac{1}{n_0} \cdot r_h^{\frac{1}{5} \sqrt{n_0}} \quad (\text{m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (33)$$

$n_0$  (1) – stupeň drsnosti závislý na jakosti omočeného povrchu

## 4 HYDRODYNAMICKÁ ČERPADLA

### 4.1 Funkce

Princip funkce spočívá v nepřímé přeměně mechanické energie čerpadla na energii tlakovou pomocí kinetické energie kapaliny, dodané oběžným kolem. K transformaci kinetické energie na tlakovou dochází ve spirální skřini, ve které se po délce spirály směrem k výtlaku postupně rozšiřuje průřez, vlivem toho dochází ke zmenšení rychlosti, tudíž musí podle platnosti zákona zachování energie vzrůstat tlak.

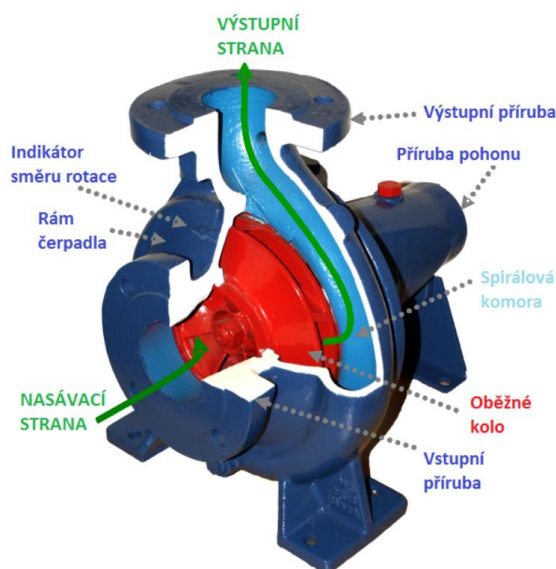
### 4.2 Rozdělení čerpadel podle průtoku oběžným kolem

Čerpadla se podle průtoku média rozdělují na:

- radiální,
- axiální,
- diagonální.

Radiální čerpadla mají sání ve směru osy hřídele oběžného kola čerpadla a výtlak kolmo na osu hřídele. Axiální čerpadla (vrtulová) mají sání a výtlak v ose hřídele čerpadla. Diagonální čerpadla mají stejné provedení jako radiální, jen výtlak není kolmo na osu hřídele, ale je proveden šikmo. [9]

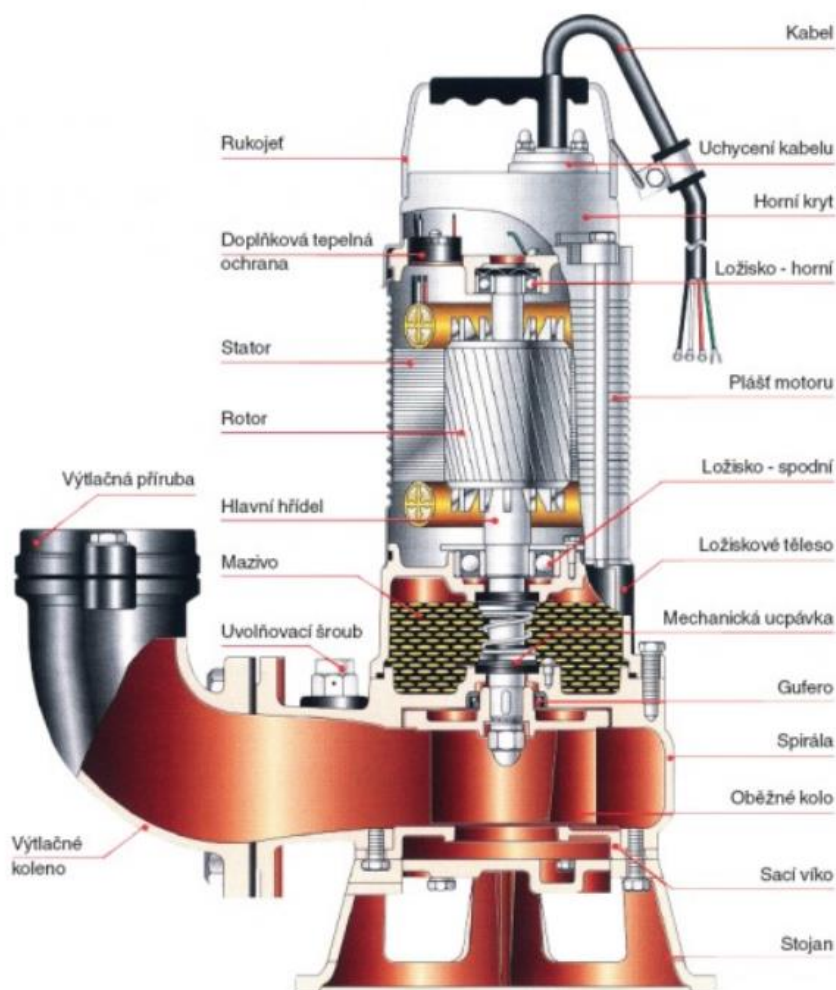
Příklad radiálního čerpadla s popisem základních konstrukčních částí je na Obr. 5.



Obr. 5 – Řez čerpadlem s popisem částí [15]

### 4.3 Základní konstrukce kalového čerpadla

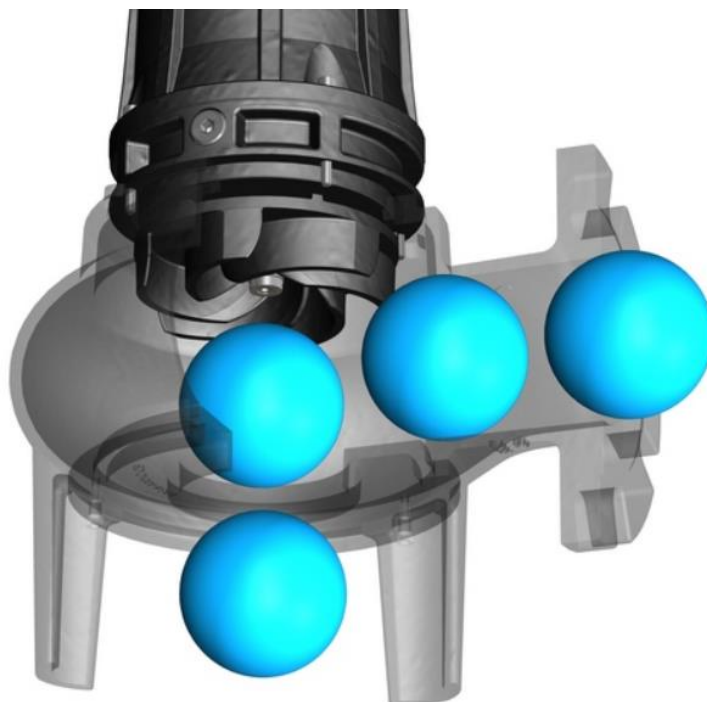
Z důvodu abraze vlivem tvrdých částic a rozmanitého charakteru částic (např. tvar, velikost, složení) se kalová čerpadla konstruují jako robustní, na rozdíl od čerpadel pro čistou kapalinu, např. vodu. Konstrukce je vysvětlena na *Obr. 6*.



*Obr. 6* – Zobrazení kalového radiálního čerpadla v polovičním řezu [10]



Jedním ze základních parametrů je maximální možná velikost čerpaných nečistot v kapalině – propustnost, ta je dána velikostí koule, která může projít sáním přes oběžné kolo – viz *Obr. 7*. V případě, že nečistota nemůže projít přes oběžné kolo, lze použít tzv. dezintegrátor, což je v podstatě rotující břit, který rozmělní velké kusy nečistot (např. dřevo, tuhé odpady) na odpovídající rozměr. [12]



*Obr. 7* – Zobrazení propustnosti kalového čerpadla [23]

Oběžná kola se konstruuji často jako jednolopátková, dvoulopátková či vícelopátková, v otevřeném – viz *Obr. 8*, *Obr. 9*, polouzavřeném nebo uzavřeném provedení. Tvar lopatek se může v různých aplikacích odlišovat – viz *Obr. 10*. [2]



*Obr. 8* – Otevřené provedení  
vícelopátkového kola z čerpadla  
**80 – KDFU SIGMA** [18]



*Obr. 9* – Otevřené provedení  
jednolopátkového kola z čerpadla  
**50 – GFSU SIGMA** [18]



*Obr. 10 – Oběžná kola kalových čerpadel SCANPUMP [20]*

Kolo čerpadla je připevněno k hřídeli (např. pomocí pera a matice), ta je uložena v tělese čerpadla ve valivých ložiscích. K tělesu je připevněna spirální skříň různého průřezu:

- kruhový a obdélníkový (pro čerpání čisté vody i kalů),
- obdélníkový a lichoběžníkový (kalová čerpadla). [9]

Na *Obr. 11* je zobrazeno kalové ponorné čerpadlo s výstupem, který je osazen hadicovou DIN spojkou.



*Obr. 11 – Radiální kalové čerpadlo firmy SIGMA [18]*

Pohon (elektromotor) čerpadla může být umístěn přímo v tělese za ucpávkou, nebo může být externě připojen pomocí spojky.

Nedílnou součástí čerpadla je rovněž mechanická ucpávka – viz *Obr. 12*, *Obr. 13*. Je to zařízení, které brání úniku čerpané kapaliny z čerpadla. Skládá se ze dvou částí (rotační a stacionární). Rotační část je připevněna k hřídeli, zatímco stacionární je uchycena v tělese čerpadla. Tyto části jsou na sebe přitlačovány a dochází tak ke vzniku velmi tenkého mazacího filmu a ke tření, vlivem kterého ucpávka těsní, ale zároveň se i opotřebovává, z tohoto důvodu, a z důvodu obsahu nečistot a různých chemicky agresivních příměsí v kapalině, je nutné vybrat vhodný materiál ucpávky. Ucpávka musí být proplachována čistou kapalinou, což pomáhá zvýšit životnost, protože se snižuje teplota ucpávky. [2]



*Obr. 12* – Mechanická ucpávka kalového čerpadla HCP AS-35 [7]



*Obr. 13* – Mechanická ucpávka čerpadla mazaná trvalou maznicí [1]

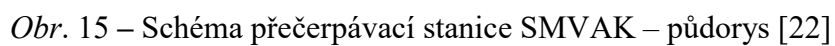
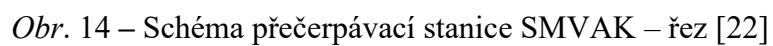
## 5 TEORETICKÝ ROZBOR ZADÁNÍ PRO VÝPOČET

Přesné požadavky na konstrukční řešení, vybavení a provozování ČS si specifikuje každý vlastník a provozovatel stokové sítě. Tyto informace lze nalézt v technických standardech dané společnosti, která bude danou ČS provozovat. Daná obec se nachází na území Moravskoslezského kraje, při návrhu je třeba respektovat Technický standard SmVaK – viz *Příloha A*, který zabezpečuje jednotný postup při návrhu, realizaci a provozování stokových sítí a kanalizačních čerpacích stanic v působnosti SmVaK Ostrava a.s. Konstrukční řešení čerpací stanice dle SmVaK je uvedeno na *Obr. 14*, *Obr. 15*. Její rozměry je nutné upravit s ohledem na konkrétní množství přečerpávaných splaškových vod, určené hydrotechnickým výpočtem. Přitom musí být zajištěn požadovaný objem pod přítokovým potrubím a celkový havarijní objem čerpací stanice. Následně je třeba ověřit velikosti působící vztahové síly, která vzniká vlivem podzemních vod na betonovou konstrukci nádrže. Dalším bodem jsou hydrotechnické výpočty, zaměřené na dimenzování přívodního kanalizačního potrubí, posouzení výtlačného řádu a určení předpokládaného provozního bodu kalového čerpadla.

Přívodní kanalizační potrubí je navrženo jako gravitační s určitým spádem a plněním, aby se neusazovaly na dně potrubí nečistoty a potrubí se nezanášelo. Výpočty přívodního potrubí vychází z nomogramu pro projektování kanalizačních potrubí (*Příloha B*). Nomogram zohledňuje plnění, rychlost kapaliny v potrubí a spád.

Dimenzování výtlačného řádu je provedeno s ohledem na ztráty v potrubí. Na výtlačném potrubí musí být osazeny tyto armatury: zpětná klapka s uzavíracím šoupátkem, odvodnění s uzavíracím šoupátkem a indukční průtokoměr. Výtlačné potrubí musí mít minimální světlost DN 80. [22]

Čerpací stanice musí obsahovat 2 čerpadla, aby byla zaručena 100% rezerva a umožněn střídavý chod čerpadel. Při výběru vhodného čerpadla je nutné zohlednit kromě jeho parametrů také požadavek na možnost vytažení čerpadel pomocí zdvihacího zařízení – výběr čerpadel se spouštěcí tyčí, a také na provedení čerpadla – ponorné čerpadlo s mělnicím zařízením. Posledním bodem je posouzení a návrh pro využití čerpací stanice se separací tuhých látek. Výhodou této technologie je izolace čerpadel od pevných nečistot a látek, které způsobují velké opotřebení a zanášení čerpadel, a tím snižují životnost čerpadel. Tento typ čerpací stanice tvoří pouze jeden konstrukční celek a je možné stanici ihned spustit po připojení ke zdroji elektrické energie 3x400 V.



## 6 VÝPOČET VZTLAKOVÉ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA NÁDRŽ

Na betonovou nádrž působí vztlaková síla, která musí být menší než tíhová síla nádrže vynásobená koeficientem bezpečnosti – viz *Rovnice* (34).

$$G_N > F_{VZ} \cdot k_{VZ} \quad (N) \quad (34)$$

kde

$G_N$  (N) – je tíhová síla nádrže,

$F_{VZ}$  (N) – je vztlaková síla objemu kapaliny,

$k_{VZ}$  (1) – je bezpečnostní koeficient vztlakové síly.

Zadané hodnoty rozměrů betonové nádrže:

$d_1$	=	3,5	(m)	vnitřní průměr nádrže
$t_1$	=	0,35	(m)	tloušťka stěny nádrže
$d_2$	=	4,2	(m)	vnější průměr nádrže
$t_2$	=	0,35	(m)	tloušťka dna nádrže
$h_{1Z}$	=	210,2	(m n. m.)	kóta základové spáry
$h_1$	=	210,55	(m n. m.)	kóta dna nádrže vnitřní
$h_2$	=	217,05	(m n. m.)	kóta vrchního líce nádrže
$HPV$	=	214,06	(m n. m.)	kóta hladiny podzemní vody
$\rho_1$	=	2600	(kg·m <sup>-3</sup> )	měrná hmotnost stěny a dna nádrže
$\rho_2$	=	1000	(kg·m <sup>-3</sup> )	měrná hmotnost vody
$k_{VZ}$	=	1,6	(1)	bezpečnostní koeficient vztlakové síly
$h_a$	=	2200	(mm)	výška armaturní komory vyjma betonu
$h_b$	=	2400	(mm)	výška armaturní komory zahrnující beton

### Hmotnost betonu

Hmotnost betonu se vypočte jako hmotnost dutého válce, hmotnost betonového dna nádrže, hmotnost armaturní komory a hmotnost spádování dna.

$$m_{BETON_{MEZ}} = \pi \cdot \frac{d_2^2 - d_1^2}{4} \cdot (h_2 - h_1) \cdot \rho_1 \quad (\text{kg}) \quad (35)$$

$$m_{BETON_{MEZ}} = \pi \cdot \frac{4,2^2 - 3,50^2}{4} \cdot (217,05 - 210,55) \cdot 2600 = 71542 \text{ kg} \quad (36)$$

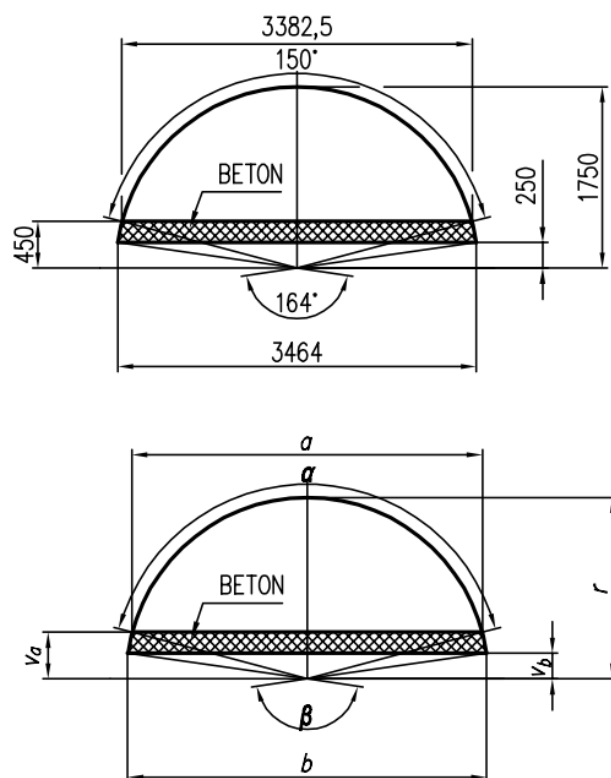
$m_{BETON_{MEZ}}$  (kg) – hmotnost dutého válce betonové nádrže

$$m_{BETON_{DNO}} = \pi \cdot \frac{d_2^2}{4} \cdot t_2 \cdot \rho_1 \quad (\text{kg}) \quad (37)$$

$$m_{BETON_{DNO}} = \pi \cdot \frac{4,2^2}{4} \cdot 0,35 \cdot 2600 = 12607 \text{ kg} \quad (38)$$

$m_{BETON_{DNO}}$  (kg) – hmotnost dna betonové nádrže

Objem betonu armaturní komory se vypočítá jako rozdíl komory tvořené zcela jen betonem a objemu vzduchu ve skutečné komoře. Výpočet vychází ze schématu na *Obr. 16.* (označení písmeny B, C). Schéma bylo kresleno pomocí programu AutoCAD Mechanical, kóty byly odměřeny v programu, celé schéma je v měřítku 1 : 50.



Obr. 16 – Schéma armaturní komory – půdorys,  
rozměry v (mm)  
(Zdroj: vlastní)

$$m_{BETON_{ARMK}} = \left( \frac{\pi \cdot r^2}{360^\circ} \cdot \beta - \frac{b \cdot v_b}{2} \right) \cdot h_b \cdot \rho_1 \quad (\text{kg}) \quad (39)$$

$$m_{BETON_{ARMK}} = \left( \frac{\pi \cdot 1,75^2}{360^\circ} \cdot 164^\circ - \frac{3,464 \cdot 0,25}{2} \right) \cdot 2,4 \cdot 2600 = 24647 \text{ kg} \quad (40)$$

$$m_{BETON_{VZD}} = \left( \frac{\pi \cdot r^2}{360^\circ} \cdot \alpha - \frac{a \cdot v_a}{2} \right) \cdot h_a \cdot \rho_1 \quad (\text{kg}) \quad (41)$$

$$m_{BETON_{VZD}} = \left( \frac{\pi \cdot 1,75^2}{360^\circ} \cdot 150^\circ - \frac{3,3825 \cdot 0,45}{2} \right) \cdot 2,2 \cdot 2600 = 18577 \text{ kg} \quad (42)$$

$m_{BETON_{ARMK}}$  (kg) – hmotnost plně betonové armaturní komory

$m_{BETON_{VZD}}$  (kg) – hmotnost betonu ve vzduchovém objemu komory



Objem a hmotnost spádování dna nádrže byly vypočteny pomocí Guldinovy věty – viz Rovnice (43). Schéma k výpočtu je uvedeno na Obr. 17.

$$m_{SPAD} = S_{SPAD} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_T \cdot \rho_1 = \frac{y_A \cdot x_A}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_T \cdot \rho_1 \quad (\text{kg}) \quad (43)$$

kde

$m_{SPAD}$  – je hmotnost spádování dna nádrže (kg),

$S_{SPAD}$  – je plocha řezu tělesa v rovině osy rotace (m<sup>2</sup>),

$r_T$  – poloměr těžiště od osy rotace (m).



Obr. 17 – Schéma spádování dna, rozměry v (mm)  
(Zdroj: vlastní)

$$m_{SPAD} = \frac{0,7 \cdot 1}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,4165 \cdot 2600 = 8100 \text{ kg} \quad (44)$$

Celková hmotnost betonu

$$m_{BETON} = m_{BETON_{MEZ}} + m_{BETON_{DNO}} + m_{BETON_{ARMK}} - m_{BETON_{VZD}} + m_{SPAD} \quad (45)$$

$$m_{BETON} = 71542 + 12607 + 24647 - 18577 + 8100 = 98319 \text{ kg} \quad (46)$$

$m_{BETON}$  (kg) – celková hmotnost betonu nádrže

Tíhová síla nádrže

$$G_N = m_{BETON} \cdot g \quad (\text{N}) \quad (47)$$

$$G_N = 91165 \cdot 9,81 = 964509 \text{ N} \quad (48)$$

$G_N$  (N) – tíhová síla nádrže

Hmotnost vodního sloupce

$$m_{VODA} = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot (HPV - h_1) \cdot \rho_2 \quad (\text{kg}) \quad (49)$$

$$m_{VODA} = \pi \cdot \frac{3,5^2}{4} \cdot (214,06 - 210,55) \cdot 1000 = 33770 \text{ kg} \quad (50)$$

$m_{VODA}$  (kg) – hmotnost vodního sloupce

Vztlaková síla vodního sloupce

$$F_{VZ} = m_{VODA} \cdot g \quad (\text{N}) \quad (51)$$

$$F_{VZ} = 33770 \cdot 9,81 = 331284 \text{ N} \quad (52)$$

$F_{VZ}$  (N) – vztlaková síla vodního sloupce

Ověření základního vztahu

$$G_N > F_{VZ} \cdot k_{VZ} \quad (\text{N}) \quad (53)$$

$$\frac{G_N}{F_{VZ}} > k_{VZ} \quad (54)$$

$$\frac{G_N}{F_{VZ}} = \frac{964509}{331284} = 2,91 > 1,6 \quad (55)$$

Výsledná kontrola základního vztahu pro bezpečnost – viz *Rovnice* (55), prokázala, že výpočet vyhovuje.

## 7 HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET

Hydrotechnické výpočty se zabývají výpočtem množství odpadní vody pro navrhovanou přečerpávací stanici splaškových vod.

Počet obyvatel je zadán, průmysl a zemědělství v zájmovém území nebudou producenty splaškových odpadních vod.

Čerpací stanice je navržena pro přečerpávání komunálních splaškových vod pro 1500 EO, pro dimenzování je použita specifická produkce odpadních vod podle přílohy č. 12 k vyhlášce č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Stanovená roční potřeba vody je zde převedena na denní potřebu. Je rovněž uvažována spotřeba  $20 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  na občanskou vybavenost. Jedná se o běžně používanou hodnotu, která u malých zdrojů znečištění obsahuje i určitou rezervu v množství odpadních vod. Do bilance odpadních vod bude dále započteno množství balastních vod v hodnotě 10 % z průtoku  $Q_{dp}$ .

Ve výpočtu je použito následující značení:

$A$	$(\text{l} \cdot (\text{os} \cdot \text{den})^{-1})$	– specifická potřeba vody pro obyvatelstvo, uvažovaná v hodnotě $36 \text{ m}^3$ za rok na jednoho obyvatele bytu s tekoucí teplou vodou (teplá voda na kohoutku), tj. $98,63 \text{ l} \cdot (\text{os} \cdot \text{den})^{-1}$ ,
$B$	$(\text{l} \cdot (\text{os} \cdot \text{den})^{-1})$	– potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost, v hodnotě $20 \text{ l} \cdot (\text{os} \cdot \text{den})^{-1}$ ,
$C$	$(\text{l} \cdot (\text{os} \cdot \text{den})^{-1})$	– průmysl (v zájmovém území se nenachází),
$D$	$(\text{l} \cdot (\text{os} \cdot \text{den})^{-1})$	– balastní vody (počítáno 10 % množství od obyvatel a občanské vybavenosti),
$k_d$	(1)	– koeficient denní nerovnoměrnosti, uvažujeme 1,4 pro spotřebiště od 1000 do 5000 obyvatel,
$k_h$	(1)	– koeficient hodinové nerovnoměrnosti, uvažujeme 2,4 pro spotřebiště 1500 obyvatel,
$Q_{dp}$	$(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	– průměrné denní množství odpadních vod,
$Q_{dm}$	$(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	– maximální denní průtok,
$Q_{hm}$	$(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	– maximální hodinový průtok.

## 7.1 Průměrné denní množství odpadních vod

$$Q_{dp} = (A + B + C + D) \cdot EO = (A + B + C + 0,1 \cdot (A + B)) \cdot EO \quad [4](56)$$

$$Q_{dp} = (98,63 + 20 + 0 + 0,1 \cdot (98,63 + 20)) \cdot 1500 = 195739,5 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1} \quad (57)$$

$$Q_{dp} = 2,266 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (58)$$

$EO$  (1) – počet obyvatel

## 7.2 Maximální denní průtok

$$Q_{dm} = Q_{dp} \cdot k_d \quad [4](59)$$

$$Q_{dm} = 2,266 \cdot 10^{-3} \cdot 1,4 = 3,173 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (60)$$

## 7.3 Maximální hodinový průtok

$$Q_{hm} = Q_{dm} \cdot k_h \quad [4](61)$$

$$Q_{hm} = 3,173 \cdot 10^{-3} \cdot 2,4 = 7,616 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (62)$$

## 8 NÁVRH PŘÍVODNÍHO KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ

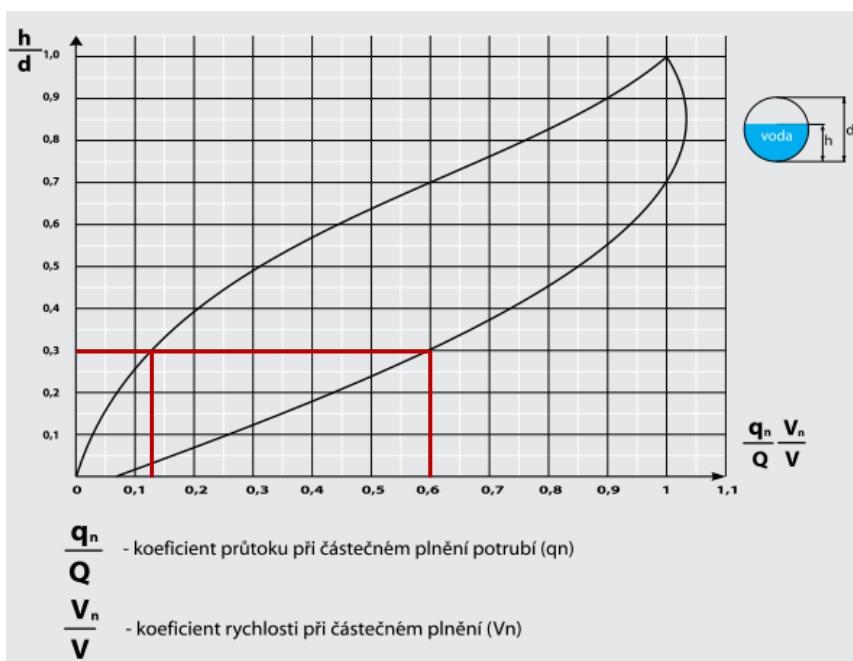
Přívodní potrubí je voleno předběžně pro stupeň plnění 0,3 (30%). Při určování vhodné světlosti potrubí se vychází z návrhového průtoku  $Q_N$  – viz *Rovnice* (63), který je volen jako dvojnásobek průměrného denního průtoku, a s využitím nomogramu [16] – viz *Příloha B*. V nomogramu je nutné zvolit vhodný spád potrubí a zohlednit minimální požadovanou rychlost  $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

$$Q_N = 2 \cdot Q_{dp} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad [4](63)$$

$$Q_N = 2 \cdot 2,266 \cdot 10^{-3} = 4,532 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (64)$$

$$Q_N \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad - \text{ návrhový průtok}$$

Z nomogramu na *Obr. 18* lze určit koeficienty průtoku a rychlosti při částečném plnění průtočného průřezu. Například pro hodnotu plnění 0,3 na svislé ose byla odečtena v průsečíku křivky průtoku (křivka vlevo) a rychlosti (křivka vpravo) hodnota koeficientu pro přepočet průtoku 0,13 a hodnota koeficientu pro přepočet rychlosti 0,6. Nejpodstatnějším koeficientem pro návrh průměru potrubí je koeficient pro přepočet průtoku, při vydělení návrhového průtoku touto hodnotou vznikne průtok při plném plnění potrubí – viz *Rovnice* (65). Hodnota spádu byla uvažována jako 1% (10 ‰) nebo 0,5 ‰ (5‰). Výběr optimální hodnoty bude dále rozvinut.

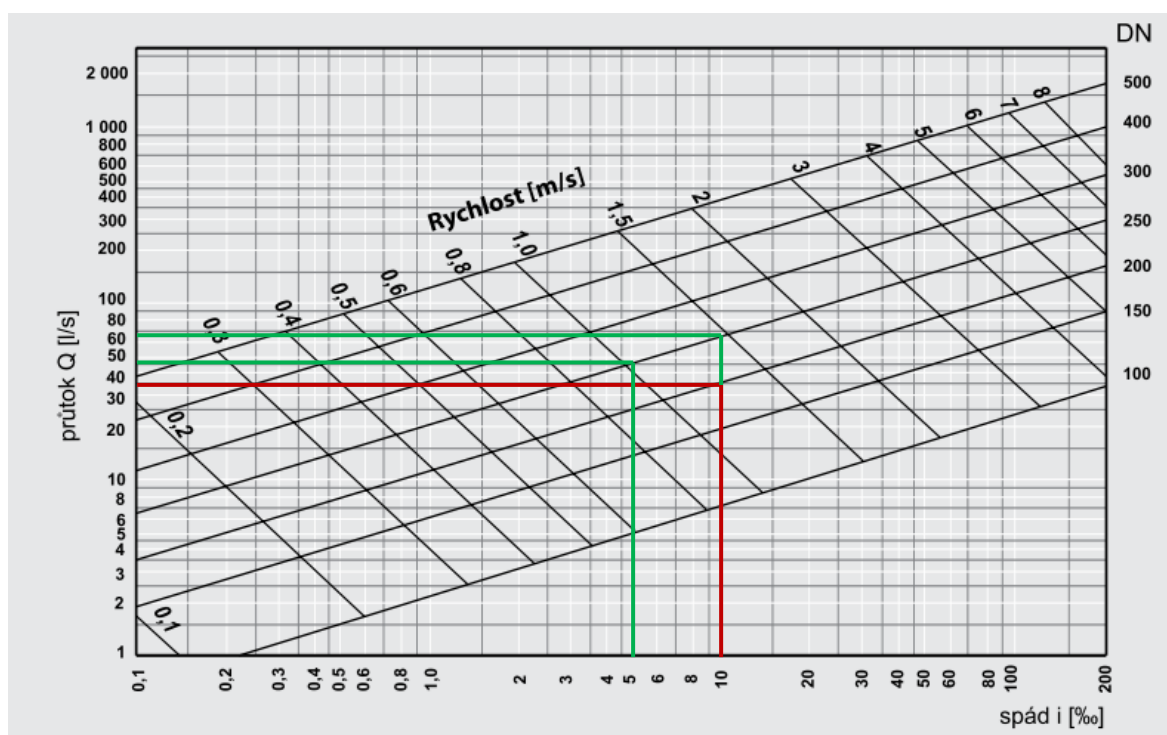


*Obr. 18* – Nomogram pro částečné plnění potrubí [16]

$$Q_P = \frac{Q_N}{0,13} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (65)$$

$$Q_P = \frac{4,532 \cdot 10^{-3}}{0,13} = 34,862 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (66)$$

$Q_P \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$  – průtok při plném plnění (svislá osa na Obr. 19)



Obr. 19 – Nomogram pro výběr světlosti potrubí [16]

Z nomogramu na Obr. 19 plyne, že potrubí DN 200 (červeně) leží na hraně použitelnosti, z tohoto důvodu je nutná volba potrubí DN 250 (zeleně). Hodnota spádu 5 ‰ je nejmenší optimální hodnota, která byla uvažována, protože norma ČSN 75 6101 udává pro stoky do průměru DN 300 nejmenší možný spád jako poměr 1 : D (‰). Po dosazení průměru DN 250 v metrech (0,25 m) odpovídá tomuto průměru spád 4 ‰ (hraniční hodnota). V tabulkách níže – viz Tab. 2 a Tab. 3, jsou pro porovnání vyčísleny hodnoty průtoku a rychlosti v potrubí DN 250 v závislosti na spádu a stupni plnění. Návrhový průtok v Tab. 2 a Tab. 3 se blíží hodnotám ve žlutých polích, v Tab. 2 tomu odpovídá plnění 0,2 a rychlost 0,6 m·s<sup>-1</sup>. V další tabulce – viz Tab. 3, se hodnota plnění pohybuje mezi 0,2 a 0,3 (spíše se blíží 0,3), je nutné provést lineární interpolaci pro určení hodnoty rychlosti v Tab. 3.

Tab. 2 – Hodnoty veličin na při spádu 10 ‰ Tab. 3 – Hodnoty veličin na při spádu 5 ‰

Spád 10 ‰; DN 250; průtok 65 l·s <sup>-1</sup> ; rychlost 1,4 m·s <sup>-1</sup>					Spád 5 ‰; DN 250; průtok 40 l·s <sup>-1</sup> ; rychlost 1,1 m·s <sup>-1</sup>				
<i>h/d</i>	<i>k<sub>q</sub></i>	<i>k<sub>v</sub></i>	<i>Q<sub>SP</sub></i> (l·s <sup>-1</sup> )	<i>v<sub>SP</sub></i> (m·s <sup>-1</sup> )	<i>h/d</i>	<i>k<sub>q</sub></i>	<i>k<sub>v</sub></i>	<i>Q<sub>SP</sub></i> (l·s <sup>-1</sup> )	<i>v<sub>SP</sub></i> (m·s <sup>-1</sup> )
0,1	0,03	0,26	1,95	0,364	0,1	0,03	0,26	1,2	0,286
0,2	0,07	0,43	4,55	0,602	0,2	0,07	0,43	2,8	0,473
0,3	0,13	0,6	8,45	0,84	0,3	0,13	0,6	5,2	0,66
0,4	0,21	0,74	13,65	1,036	0,4	0,21	0,74	8,4	0,814
0,5	0,31	0,85	20,15	1,19	0,5	0,31	0,85	12,4	0,935
0,6	0,44	0,94	28,6	1,316	0,6	0,44	0,94	17,6	1,034
0,7	0,6	1	39	1,4	0,7	0,6	1	24	1,1
0,8	0,76	1,03	49,4	1,442	0,8	0,76	1,03	30,4	1,133
0,9	0,9	1,03	58,5	1,442	0,9	0,9	1,03	36	1,133
1	1	1	65	1,4	1	1	1	40	1,1

Lineární interpolace byla provedena v internetové aplikaci (tzb - info.cz, 2020,  
Ing. Zdeněk Reinberk, Ph.D) – viz Tab. 4.

Tab. 4 – Lineární interpolace [25]

<i>A<sub>x</sub></i>	2,8		<i>A<sub>y</sub></i>	0,473
<i>B<sub>x</sub></i>	5,2		<i>B<sub>y</sub></i>	0,66
<i>C<sub>x</sub></i>	4,53		<i>C<sub>y</sub></i>	0.60779583
<b>INTERPOLACE</b>				

Do proměnných s indexem *x* byly dosazeny hodnoty průtoku, proměnné s indexem *y* představovaly rychlost. Z Tab. 4 vyplývá, že rychlost je přibližně 0,6 m·s<sup>-1</sup> (hodnota *C<sub>y</sub>*), tzn. vyhovující podle normy ČSN 75 6101. Výpočet při plnění (*h/d*) v Tab. 2 a Tab. 3 spočívá v násobení základní rychlosti a průtoku, odečtených z nomogramu na Obr. 19, opravnými koeficienty – viz Obr. 18. Pro demonstraci postupu byl použit vzorový výpočet – viz Rovnice (67) a Rovnice (68).

$$Q_{SP} = qn \cdot Q_P \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (67)$$

$$v_{SP} = Vn \cdot v_P \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (68)$$

*Q<sub>P</sub>* (*Q<sub>SP</sub>*)    (m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>)    – průtok při plném plnění (při částečném plnění)

*v<sub>P</sub>* (*v<sub>SP</sub>*)    (m·s<sup>-1</sup>)    – rychlost při plném plnění (při částečném plnění)

*Vn* (*qn*)    (1)    – koeficient rychlosti (průtoku) při částečném plnění

Výsledkem je volba spádu 5 ‰ pro potrubí DN 250 z důvodu většího plnění blížícího se hodnotě 0,3. Velikost plnění má vliv na usazování nečistot na dně potrubí, proto je lepší v rámci určitých mezí volit větší hodnotu. Pro potrubí je rovněž důležité, aby bylo během dne propláchnuto průtokem, jehož hodnota se blíží maximálnímu hodinovému průtoku  $Q_{hm}$ . Jako materiál přívodního potrubí byl zvolen polypropylen (zkratka PP), který má dlouhou životnost a skvělé hydraulické vlastnosti (např. nízká drsnost).

## 9 VÝPOČET AKUMULACE PŘEČERPACÍ STANICE

Akumulační prostor přečerpávací stanice se skládá ze dvou částí. První část je tvořena objemem pod přítokovým potrubím  $V_{Qhod}$  (m<sup>3</sup>) – viz *Rovnice* (69). Tento objem musí pojmout hodinu průtoky  $Q_{pd}$ . Další částí je havarijní objem  $V_{Q6hod}$  (m<sup>3</sup>) – viz *Rovnice* (70), který se počítá ode dna stanice, musí pojmout šest hodin průtoky  $Q_{pd}$ , přičemž je u výpočtu uvažována suchá armaturní komora, nelze ji tedy do havarijního objemu započítat.

$$V_{Qhod} = Q_{dp} \cdot 3600 = 2,266 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 8,158 \text{ m}^3 \quad (69)$$

$$V_{Q6hod} = Q_{dp} \cdot 3600 \cdot 6 = 8,158 \cdot 3600 \cdot 6 = 48,948 \text{ m}^3 \quad (70)$$

$V_{Qhod}$  (m<sup>3</sup>) – objem pod přítokovým potrubím

$V_{Q6hod}$  (m<sup>3</sup>) – havarijní objem

Z objemu  $V_{Qhod}$  lze určit výšku přívodního potrubí nad dnem stanice. Vychází se z objemu válce – viz *Rovnice* (71). Do výpočtu se musí započítat i spádování dna.

$$V_{Qhod} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_{hod} - V_{SPAD} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_{hod} - \frac{m_{SPAD}}{\rho_1} \quad (\text{m}^3) \quad (71)$$

$$h_{hod} = \frac{4 \cdot (V_{Qhod} + V_{SPAD})}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot (V_{Qhod} + \frac{m_{SPAD}}{\rho_1})}{\pi \cdot d_1^2} \quad (\text{m}) \quad (72)$$

$$h_{hod} = \frac{4 \cdot \left(8,158 + \frac{8100}{2600}\right)}{\pi \cdot 3,5^2} = 1,17 \text{ m} \quad (73)$$

$h_{hod}$  (m) – výška přívodního potrubí nad dnem stanice

$V_{SPAD}$  (m<sup>3</sup>) – objem spádování dna



Byla zvolena výška přívodního potrubí 1,2 m nad dnem stanice. Havarijný objem lze rozdělit na dvě další části – objem pod armaturní komorou  $V_{H1}$  ( $\text{m}^3$ ) – viz *Rovnice* (74) a objem ve výšce armaturní komory  $V_{H2}$  ( $\text{m}^3$ ) – viz *Rovnice* (75). Z důvodu zajištění dostatečného místa pro šestihodinovou akumulaci musela být upravena výška pod armaturní komorou – nedostatečný objem stanice – viz *Rovnice* (78). Rovnice pro výpočet objemu – *Rovnice* (74), *Rovnice* (75), vycházejí ze vzorců pro výpočet hmotnosti z kapitoly 6 (*Rovnice* (39) a (43) na str. 36, 37), vzorce byly vyděleny hustotou.

$$V_{H1} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_{HSMVAK} - V_{SPAD} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_{HSMVAK} - \frac{m_{SPAD}}{\rho_1} \quad (\text{m}^3) \quad (74)$$

$$V_{H2} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_b - \left( \frac{\pi \cdot r^2}{360^\circ} \cdot \beta - \frac{b \cdot v_b}{2} \right) \cdot h_b \quad (\text{m}^3) \quad (75)$$

$$V_{H1} = \frac{\pi \cdot 3,5^2}{4} \cdot 3,25 - \frac{8100}{2600} = 28,149 \text{ m}^3 \quad (\text{m}^3) \quad (76)$$

$$V_{H2} = \frac{\pi \cdot 3,5^2}{4} \cdot 2,4 - \left( \frac{\pi \cdot 1,75^2}{360^\circ} \cdot 164 - \frac{3,464 \cdot 0,25}{2} \right) \cdot 2,4 = 13,61 \text{ m}^3 \quad (77)$$

$$V_{Q6hod} < V_{H1} + V_{H2} \quad (\text{m}^3) \quad (78)$$

$$V_{Q6hod} < 28,149 + 13,61 = 41,759 \text{ m}^3 < 48,948 \text{ m}^3 \rightarrow \text{podmínka nesplněna} \quad (79)$$

$h_{HSMVAK}$	(m)	– výška pod armaturní komorou – viz <i>Obr.</i> 17
$V_{H1}$	( $\text{m}^3$ )	– původní objem pod armaturní komorou dle <i>Obr.</i> 17
$V_{H2}$	( $\text{m}^3$ )	– objem ve výšce armaturní komory

Výška pod armaturní komorou byla zvětšena z hodnoty 3,25 m na novou hodnotu 3,95 m. Nová hodnota objemu pod armaturní komorou  $V_{H3}$  byla spočtena pomocí *Rovnice* (80).

$$V_{H3} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_{H3} \quad (\text{m}^3) \quad (80)$$

$$V_{H3} = \frac{\pi \cdot 3,5^2}{4} \cdot 3,95 = 38 \text{ m}^3 \quad (81)$$

$h_{H3}$	(m)	– nová upravená výška pod armaturní komorou
----------	-----	---

Následně musí být provedena nová kontrola – viz *Rovnice* (82).

$$V_{Q6hod} < V_{H3} + V_{H2} \quad (\text{m}^3) \quad (82)$$

$$V_{Q6hod} < 38 + 13,61 = 51,61 \text{ m}^3 > 48,948 \text{ m}^3 \rightarrow \text{podmínka splněna} \quad (83)$$

Havarijní hladina byla nastavena na hodnotu plynoucí z následující *Rovnice* (84), vyjadřující míru zaplnění objemu  $V_{H2}$  – hodnota  $V_{H2VODA}$ .

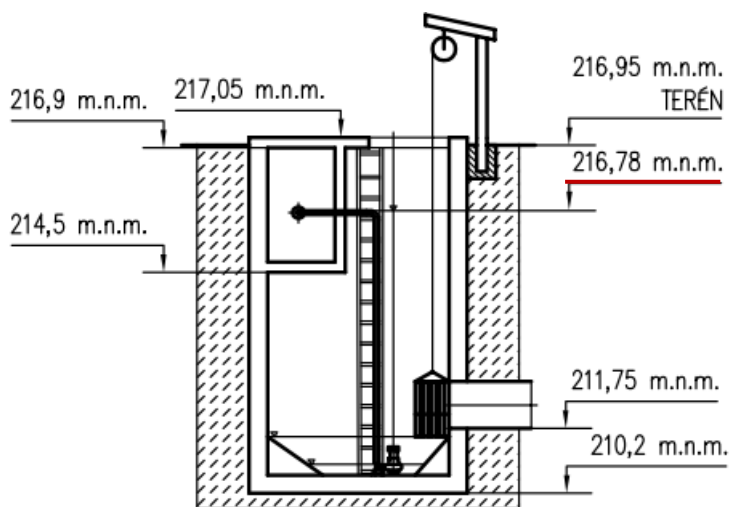
$$V_{H2VODA} = V_{Q6hod} - V_{H3} \quad (\text{m}^3) \quad (84)$$

$$V_{H2VODA} = 48,948 - 38 = 10,948 \text{ m}^3 \quad (85)$$

Úpravou *Rovnice* (75) byla vypočtena výška havarijní hladiny  $h_{HAVARIJNI}$  – viz *Rovnice* (86). Schéma přečerpávací stanice s důležitými kótami zachycuje *Obr. 20*, kóta havarijní hladiny je zvýrazněna červeně.

$$h_{HAVARIJNI} = h_{H3} + \frac{V_{H2VODA}}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} - \left( \frac{\pi \cdot r^2}{360^\circ} \cdot \beta - \frac{b \cdot v_b}{2} \right)} \quad (\text{m}) \quad (86)$$

$$h_{HAVARIJNI} = 3,95 + \frac{10,948}{\frac{\pi \cdot 3,5^2}{4} - \left( \frac{\pi \cdot 1,75^2}{360^\circ} \cdot 164 - \frac{3,464 \cdot 0,25}{2} \right)} = 6,23 \text{ m} \quad (87)$$



*Obr. 20* – Schéma stanice s kótami a havarijní hladinou  
(Zdroj: vlastní)

## 10 NÁVRH VÝTLAČNÉHO SYSTÉMU

### 10.1 Popis výtlačného systému

Výtlačný systém se skládá z ponorného kalového čerpadla, na které je napojeno 318 (m) dlouhé výtlačné potrubí, které dopravuje odpadní vodu do výšky 7,85 (m) přímo na objekt mechanického předčištění ČOV. Potrubí je osazeno řadou komponent, které je třeba zohlednit do výpočtu pomocí ztrátových součinitelů – koleno, zpětná klapka, šoupátko, vzdušník a vtok do šachtice – viz *Tab. 5*.

Zpětná klapka se umísťuje za čerpadlo na výtlačné potrubí a brání tak zpětnému vtoku odpadní vody zpět do čerpadla.

Šoupátko patří mezi uzavírací armatury, slouží k „odpojení“ zbytku výtlačného systému v případě různých servisních zásahů, oprav, apod. Šoupátka jsou v páru umístěna v suché armaturní komoře z důvodu snadného přístupu i v případě zaplavení prostoru čerpací stanice.

Vzdušník se umísťuje do nejvyššího místa potrubí, aby bylo možné z potrubí odvést nežádoucí vzduch. Místní ztráta vzdušníku je dána ztrátou  $T$  – kusu, na který je napojen podzemní hydrant (vzdušník), ztrátu na vzdušníku nebereme v potaz, protože jím splašková voda při běžném provozu neproudí.

*Tab. 5* – Hodnota místních ztrát [24][12]

Místní ztráty	Hodnota
koleno	1,5
zpětná klapka	1,8
šoupátko	0,35
vzdušník	1,5
vtok do šachtice	0,5
<b>SUMA</b>	<b>5,65</b>

## 10.2 Výpočet ztrát ve výtlačku a volba vhodného potrubí

Cílem výpočtu ztrát je získání grafu charakteristiky potrubí, který bude sloužit jako základ pro další výpočet a výběr vhodného čerpadla. Výpočet dopravní energie pro volbu potrubí vychází z *Rovnice* (88).

$$Y_d = g \cdot h_v + \left( \lambda_v \cdot \frac{l_v}{d_v} + \sum \xi_v \right) \cdot \frac{v_v^2}{2} \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (88)$$

kde	$h_v$	– je výtlačná výška	(m),
	$\lambda_v$	– je třecí součinitel výtlačné části potrubí	(1),
	$l_v$	– je délka výtlačného potrubí	(m),
	$d_v$	– je průměr výtlačného potrubí	(m),
	$\sum \xi_v$	– je součet místních ztrát potrubí	(1),
	$v_v$	– je výtlačná rychlost	(m·s <sup>-1</sup> ).

Všechny hodnoty proměnných jsou zadány, pouze hodnota třecího součinitele  $\lambda_v$  musí být zjištěna iteračně pomocí White-Colebrookova vztahu – viz *Rovnice* (89). Postup spočívá ve zvolení počáteční hodnoty  $\lambda_v$  a v jejím následném zpřesňování do té doby, než je přesnost dostatečná.

$$\lambda = \frac{1}{\left( 2 \cdot \log \left( 0,27 \cdot \frac{k}{d} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \right)^2} \quad (1) \quad (89)$$

Část výpočtu hodnoty  $\lambda_v$  pro potrubí DN 80 a DN 100 je popsána tabulkami – viz *Tab. 6*, *Tab. 7*, ve kterých je přesnost porovnávána s dalšími autory – Blasius ( $4 \cdot 10^3 < Re < 10^5$ ) a Altšul ( $Re > 4 \cdot 10^3$ ). Kompletní tabulky jsou uvedeny v příloze – viz *Příloha C*.

*Tab. 6* – Iterace pro průměr potrubí DN 80

$v$	$Re$	Colebrook-White DN 80					Blasius DN 80	Altšul DN 80
		$\lambda_a$	$\lambda_b$	$\lambda_c$	$\lambda_d$	<b><math>\lambda_{KONEČNÁ}</math></b>		
(m·s <sup>-1</sup> )	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
0	0	-	-	-	-	-	-	-
0,1	6154	0,04015	0,03872	0,03889	0,03887	0,03887	0,03572	0,03731
0,2	12308	0,03443	0,03399	0,03403	0,03403	0,03403	0,03004	0,03257
0,3	18462	0,03215	0,03199	0,03200	0,03200	0,03200	0,02714	0,03040

Tab. 7 – Iterace pro průměr potrubí DN 100

$\nu$	$Re$	Colebrook-White DN 100					Blasius DN 100	Altšul DN 100
		$\lambda_a$	$\lambda_b$	$\lambda_c$	$\lambda_d$	$\lambda_{KONEČNÁ}$		
( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
0	0	-	-	-	-	-	-	-
0,1	7692	0,03721	0,03625	0,03636	0,03635	0,03635	0,03378	0,03528
0,2	15385	0,03208	0,03189	0,03190	0,03190	0,03190	0,02841	0,03080
0,3	23077	0,03003	0,03003	0,03003	0,03003	0,03003	0,02567	0,02875

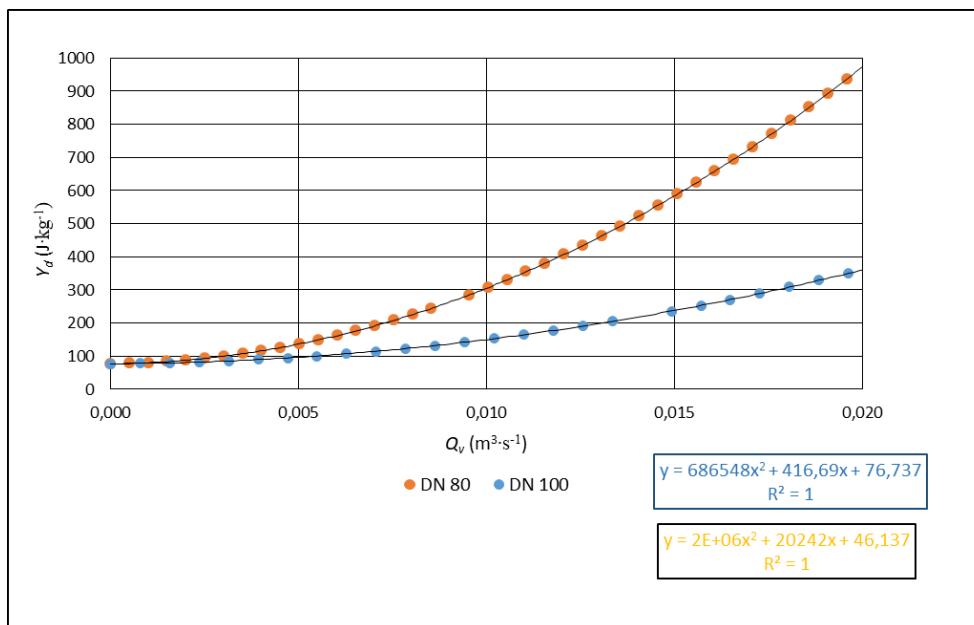
Do Rovnice (88) byla dosazena hodnota  $\lambda_{KONEČNÁ}$  za hodnotu  $\lambda_\nu$ . Náhled do výpočtu je zobrazen pomocí Tab. 8 a Tab. 9, kompletní tabulky jsou uvedeny v příloze – Příloha D.

Tab. 8 – Výpočet  $Y_d$  pro DN 80

Tab. 9 – Výpočet  $Y_d$  pro DN 100

DN 80 - Údaje pro charakteristiku potrubí					DN 100 - Údaje pro charakteristiku potrubí				
$\nu$ ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	$Q_v$ ( $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )	$Re$ (-)	$\lambda$ (-)	$Y_d$ ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\nu$ ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	$Q_v$ ( $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )	$Re$ (-)	$\lambda$ (-)	$Y_d$ ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
0	0	0	-	77,01	0	0	0	-	77,01
0,1	0,001	6154	0,0389	77,81	0,1	0,001	7692	0,0364	77,61
0,2	0,001	12308	0,0340	79,83	0,2	0,002	15385	0,0319	79,15
0,3	0,002	18462	0,0320	82,99	0,3	0,002	23077	0,0300	81,56

Vykreslením závislosti  $Y_d - Q_v$  byla získána charakteristika potrubí – viz Obr. 21.



Obr. 21 – Graf charakteristiky potrubí (pro DN 80 a DN 100)  
(Zdroj: vlastní)

Díky menší dopravní energii, při porovnání stejných průtoků, bylo vybráno potrubí DN 100.

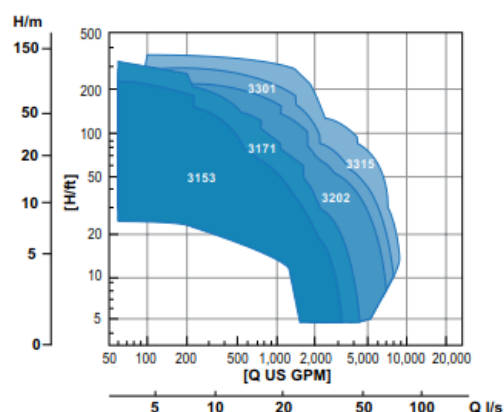
## 10.3 Volba optimálního čerpadla

Při výběru vhodného kalového čerpadla byl kladen důraz na volbu typu obsahujícího mělníci zařízení, aby bylo možné přečerpávat i odpadní vodu se zbytkem dlouhých vláken a dalších nečistot, které mohou projít česlemi. Základním pilířem je charakteristika čerpadla, tedy zvolení vhodného provozního bodu (průsečík charakteristiky čerpadla a potrubí). Při volbě čerpadla by jeho optimální průtok neměl klesnout pod maximální hodinový průtok  $Q_{hm}$ , dalším důležitým parametrem je dopravní výška čerpadla, kterou tvoří součet čisté výtlačné výšky a ztrátové výšky. Čerpadlo musí být dle technického standardu SmVaK osazeno zařízením umožňujícím instalaci pomocí spouštěcích tyčí.

Nejvhodnějšími zástupci pro technické řešení přečerpávací stanice byla čerpadla firem FLYGT – viz *Obr. 22*, *Obr. 23*, a MWQ - viz *Obr. 24*, *Obr. 25*.



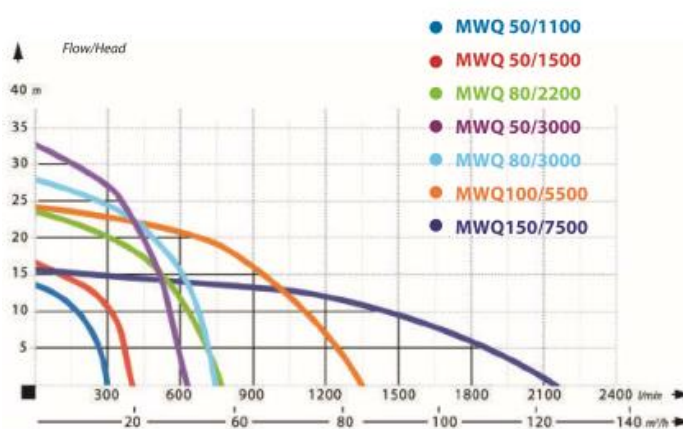
*Obr. 22* – Čerpadla FLYGT se střední kapacitou [19]



*Obr. 23* – Oblast použití čerpadel FLYGT [19]

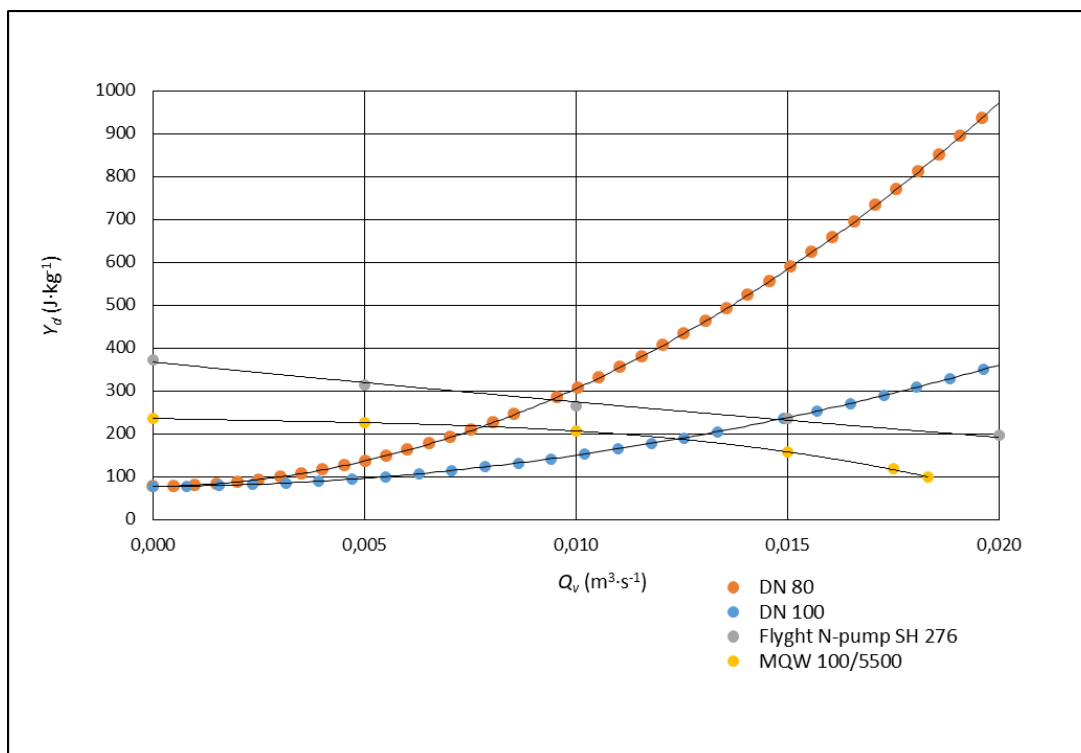


*Obr. 24* – Čerpadlo MWQ [20]

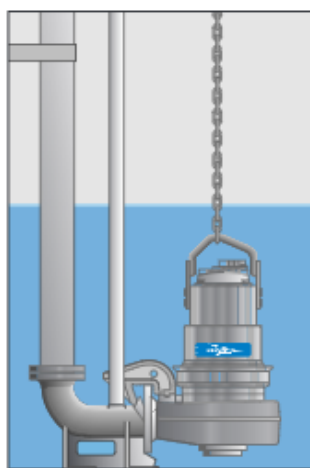


*Obr. 25* – Charakteristiky jednotlivých čerpadel MWQ [20]

Charakteristika potrubí a jednotlivých čerpadel je zobrazena níže – viz *Obr. 26*. Pro konstrukční řešení této práce bylo vybráno čerpadlo FLYGT N-pump SH 276, způsob instalace P – viz *Obr. 27*. Hlavním důvodem je speciální patentovaná technologie, která zamezuje zanesení čerpadla jakýmkoliv druhem nečistot a velká variabilita sestavení oblasti sání čerpadla. Tento typ je velmi vhodný pro čerpání znečištěné vody s příměsí pevných látek a dlouhých vláken. Čerpadlo má připojení na 3x400 V a výkon 11 kW.



*Obr. 26* – Provozní body jednotlivých čerpadel  
(Zdroj: vlastní)



*Obr. 27* – Způsob instalace P [19]

## 10.4 Technický popis čerpadla FLYGT N-pump

Čerpadla řady N-pump patří mezi kalová ponorná čerpadla, která slouží k čerpání surové a čisté vody, odpadní kalové vody nebo průmyslové či zemědělské vody. Čerpadla jsou vyráběna v několika tlakových třídách (LT – nízký tlak, MT – střední tlak, HT – vysoký tlak a SH – velmi vysoký tlak). Hřídel je vyrobena z nerez oceli. Těleso a oběžné kolo jsou vyrobeny buď z litiny, nebo ze speciální slitiny skládající se z litiny, 25% chromu a 3% uhlíku, tvrdost této slitiny dosahuje hodnoty až 60 HRC – viz *Příloha E*. Celkový řez čerpadlem je zobrazen v příloze – viz *Příloha F*.

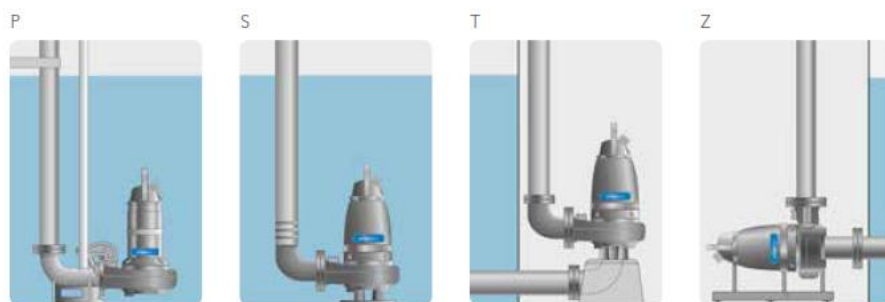
Čerpadla disponují speciální patentovanou technologií, která zaručuje čerpání bez možnosti zanesení. Tato technologie umožňuje čerpání částic různé velikosti a charakteru, poradí si např. s PET lahvemi, ručníky, ubrousky, plenami apod. U tohoto čerpadla by nemusely být použity česle (SmVaK je ale požaduje, pokud není použita stanice se separací tuhých látek). Funkce čerpání spočívá v pomocné drážce („Relief groove“), nacházející se ve vloženém prstenci („Insert ring“) – viz *Obr. 28* – viz *Příloha G*, která vede menší nečistoty po obvodu oběžného kola („Impeller“) až k výtlaku. Aby se nečistoty nedostaly do středu oběžného kola a byly tak odčerpány pomocí drážky („Relief groove“), je ve středovém prstenci zabudován výstupek („Guide pin“). V případě nasátí větší nečistoty se oběžné kolo nadzvedne a nečistota tak může volně projít přes oběžné kolo do výtlaku.



*Obr. 28* – Rozbor sací části čerpadla FLYGT N-pump [19]



Čerpadla N-pump lze instalovat do mokré jímky nebo suché jímky různými způsoby – viz Obr. 29. Způsob P (způsob instalace tohoto technického řešení) slouží pro instalaci do mokré jímky pomocí vodících tyčí, provedení S slouží pro instalaci na nezpevněné dno, provedení Z a T se používá v suchých jímkách (Z – vertikální, T – horizontální).



Obr. 29 – Způsoby instalace čerpadel FLYGT N-pump [19]

## 10.5 Výpočet počtu zapnutí čerpadla

Pro správnou funkci čerpadla je nutné, aby se čerpadlo nespínalo příliš často, což znamená maximálně 10 sepnutí za hodinu. Při výpočtu je nutné nejprve posoudit, jakým průtokem se bude jímka plnit (např.  $Q_{dp}$ ,  $Q_{dm}$ ,  $Q_{hm}$ ), a jestli se bude jímka vyprazdňovat za stálého z některých tří typů přítoků nebo bez přítoku. Sečtením času přítoku a času vyprázdnění jímky čerpadlem dostaneme čas potřebný k posouzení počtu zapnutí čerpadla. Výpočet vychází z Rovnice (90), kde je hodnotu 3600 (s) dělena součtem zmíněných časů.

$$z_P = \frac{3600}{t_{\check{c}1} + t_{\check{c}2}} \quad (1) \quad (90)$$

kde  $z_P$  – je počet zapnutí čerpadla (1),  
 $t_{\check{c}1}$  – je čas plnění jímky (s),  
 $t_{\check{c}2}$  – je čas vyprazdňování jímky čerpadlem (s).

Při plnění uvažujeme vzdálenost mezi zapínací a vypínací hladinou 0,4 (m). Čerpá se jen tento objem válce – viz Rovnice (91), ohraničený zmíněnými hladinami. Vypočtené hodnoty času plnění jsou uvedeny níže – viz Tab. 10.

$$t_{\check{c}1} = \frac{V_{ZV}}{Q_i} = \frac{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_{ZKAP}}{Q_i} \quad (\text{s}) \quad (91)$$

kde  $t_{\check{c}1}$  – je čas plnění jímky (s),  
 $V_{ZV}$  – je objem mezi zapínací a vypínací hladinou ( $\text{m}^3$ ),  
 $Q_i$  – je druh přítoku ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),  
 $d_1$  – je vnitřní průměr nádrže (jímky) (m),  
 $h_{ZKAP}$  – je výška mezi zapínací a vypínací hladinou (m).

Tab. 10 – Výsledky času plnění jímky

Výpočet plnění při rozdílu hladin 0,4 m			
Druh přítoku	Hodnota přítoku ( $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Čas plnění $t_1$ (s)	Čas plnění $t_1$ (min)
Přítok $Q_{dp}$	2,266	1698,3	28,31
Přítok $Q_{dm}$	3,173	1212,9	20,21
Přítok $Q_{hm}$	7,616	505,3	8,42

Při výpočtu času vyprázdnění jímky (vyčerpání na vypínací hladinu) je nutné zohlednit, jestli je objem mezi hladinami čerpán při stálém průtoku – viz *Rovnice* (93) nebo bez něj – viz *Rovnice* (92). Hodnoty jednotlivých časů čerpání jsou prezentovány formou tabulky – viz *Tab.* 11.

$$t_{2,0} = \frac{V_{ZV}}{Q_{\check{c}}} \quad (\text{s}) \quad (92)$$

$$t_{2,P} = \frac{V_{ZV}}{Q_{\check{c}} - Q_i} \quad (\text{s}) \quad (93)$$

kde  $t_{2,0}$  – je čas čerpání při nulovém přítoku (s),  
 $t_{2,P}$  – je čas čerpání při daném druhu přítoku (s),  
 $Q_{\check{c}}$  – je průtok čerpadlem při čerpání ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Tab. 11 – Výsledky času vyprázdnění jímky

Výpočet doby vyprázdnění při rozdílu hladin 0,4 m		
Způsob plnění	Čas vyprázdnění $t_2$ (s)	Čas vyprázdnění $t_2$ (min)
Přítok $Q = 0$	256,6	4,28
Přítok $Q_{dp}$	302,2	5,04
Přítok $Q_{dm}$	325,4	5,42
Přítok $Q_{hm}$	521,2	8,69

Výsledný počet zapnutí čerpadel za jednu hodinu – viz *Rovnice (90)*, který se řídí jednotlivými kritérii (přítomnost přítoku při čerpání, apod.), je prezentován tabulkou – viz *Tab. 12*, z této tabulky vyplývá, že počet nedosahuje 10 sepnutí, výsledky jsou vyhovující.

*Tab. 12* – Počet zapnutí čerpadel během hodiny

	Druh čerpání	
	Bez přítoku	S přítokem
Druh přítoku	Počet zapnutí	
Přítok $Q_{dp}$	1,8	1,8
Přítok $Q_{dm}$	2,4	2,3
Přítok $Q_{hm}$	4,7	3,5

## 11 ČERPACÍ STANICE SE SEPARACÍ TUHÝCH LÁTEK

### 11.1 Základní informace a funkce separace odpadních vod

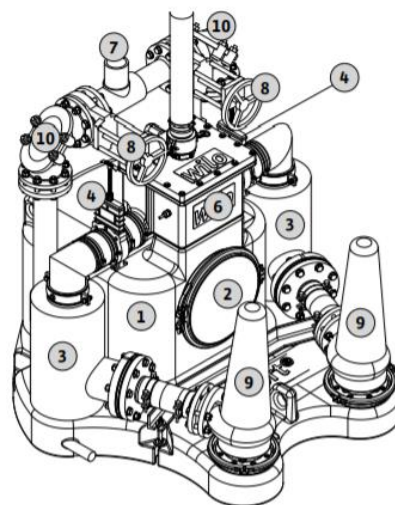
Systém čerpání odpadních vod se separací tuhých látek je aktuální novinkou posledních několika let. Jeho výhodou je zejména fakt, že částice různého charakteru (velikosti, tvaru, apod.) nepřicházejí do styku s čerpadly, čímž se podstatně zvýší jejich životnost. Nevýhodou oproti klasické stanici s česlemi je zanesení dalšího úseku kanalizace navazujícího na výtláčné potrubí, protože se nečistoty nikde nezachytí.

Systém funguje na principu „plug & play“, což znamená možnost okamžitého provozu po zapojení stanice. Mezi další přednosti patří použití korozi-vzdorných a odolných materiálů, jako je polyethylen a polyuretan, a také umístění čerpadel v suché jímce. [13]

Funkce spočívá v oddělení separačních (bočních) komor, kde probíhá usazování částic, a centrální (sběrné) komory s čerpadly. Separační komory jsou propojeny potrubím přivádějícím znečištěnou odpadní vodu. Obě jsou připojeny k centrální komoře uprostřed stanice, která slouží jako zásobárna vody pro výtlak čerpadel. Čerpadla pracují střídavě. Do centrální komory se voda dostává přes separační komory pomocí výtláčného potrubí od obou čerpadel, které nyní plní funkci přítoku. Nečistotám je zamezen vstup pomocí filtru na konci tohoto potrubí. Voda přitéká do centrální komory do té doby, než dojde k uzavření separačních komor pomocí kulových plováků. Po uzavření komor dojde k vyčerpání centrální nádrže a výtlaku nečistot z jedné separační komory, cyklus se následně opakuje, k výtlaku poté dojde v opačné komoře. Hladina vody je monitorována hladinovým snímačem. [13]

Popis jednotlivých částí stanice s vysvětlivkami je uveden na příkladu čerpací stanice Wilo-EMUport CORE – viz *Obr. 30*.

1	Sběrná nádrž
2	Revizní otvor sběrné nádrže
3	Separační nádrž na pevné látky
4	Uzávěr separační nádrže na pevné látky
5	Přítok
6	Přítoková komora/rozvaděč
7	Přípojka výtlaču
8	Uzávěr výtlačného potrubí
9	Čerpadlo na odpadní vodu
10	Zpětná klapka
11	Automatické zpětné proplachování (pouze varianta B)



*Obr. 30* – Popis jednotlivých částí stanice Wilo - EMUport CORE [13]

## 11.2 Příklad návrhu čerpací stanice se separací tuhých látek

Návrh čerpací stanice se separací tuhých látek je velice obdobný jako návrh čerpadel v předchozích kapitolách. Vychází se z charakteristiky, kterou uvádí výrobce. Konkrétně pro čerpací stanice Wilo - EMUport CORE – viz *Obr. 31*, je charakteristika uvedena na další straně na *Obr. 32*. Průtok nesmí klesnout stejně jako v předchozím návrhu pod maximální hodinový průtok, tedy pod  $8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Byl zvolen průtok  $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Z *Tab. 13* – viz *Příloha D*, vyplývá, že při průtoku  $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  je výtlačná výška po zaokrouhlení nejméně 15,5 m, z důvodu ponechání určité rezervy je volena výtlačná výška 16 m.

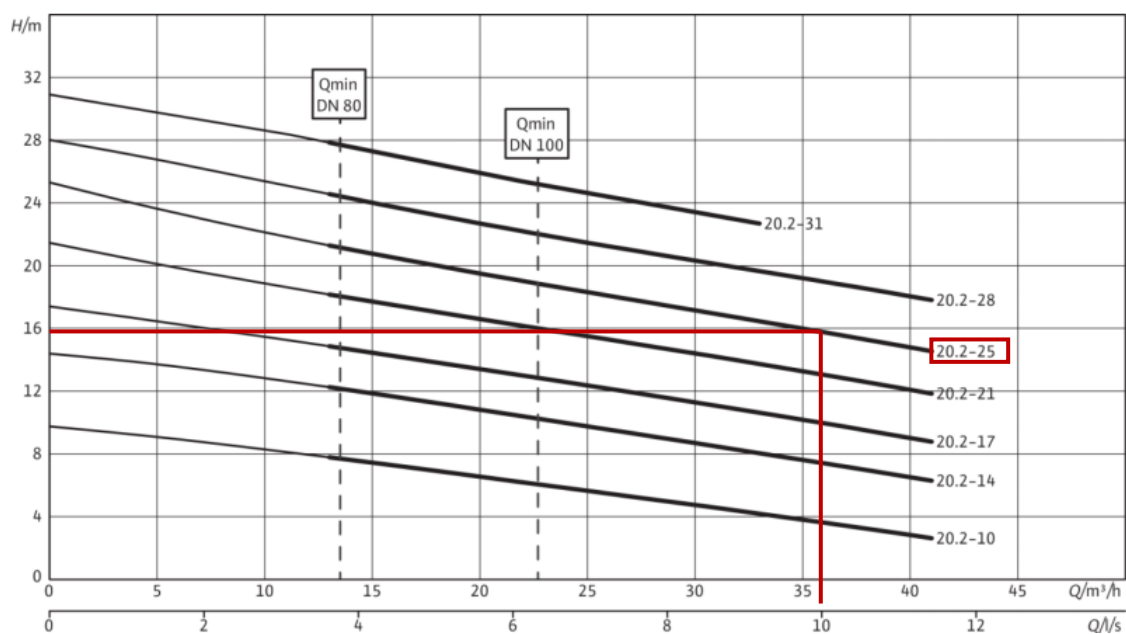
*Tab. 13* – Charakteristika potrubí DN 100

DN 100 - Údaje pro charakteristiku potrubí				
$v \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1})$	$Qv \text{ (m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	$Re \text{ (-)}$	$\lambda \text{ (-)}$	$\gamma_d \text{ (J}\cdot\text{kg}^{-1})$
1	0,008	76923	0,0267	122,32
1,1	0,009	84615	0,0266	131,54
1,2	0,009	92308	0,0264	141,61
1,3	0,010	100000	0,0263	152,52
1,4	0,011	107692	0,0262	164,28
1,5	0,012	115385	0,0261	176,89



*Obr. 31* – Čerpací stanice Wilo - EMUport CORE [13]

Z charakteristiky na *Obr. 32* vyplývá, že nejvhodnější variantou pro zadání této práce je volba typu Wilo-EMUport CORE 20.2-25B. Jedná se o provedení komfort, které obsahuje automatické zpětné proplachování.



*Obr. 32* – Charakteristika Wilo-EMUport CORE [5]

## ZÁVĚR

Pro základ této práce byla zpracována teoretická část dle zadání. Výpočtová část obsahuje kompletní řešení čerpací stanice pro přečerpávání odpadních vod. Základem výpočtu byla kontrola stavební části čerpací stanice na působení vztlakové síly. Tato kontrola vyšla bezproblémově, bezpečnostní koeficient měl hodnotu 2,91. Odpadní vody přitékají z kanalizace přívodním potrubím. Přívodní potrubí bylo voleno z polypropylenu, což je vhodný materiálem s nízkou drsností. Bylo vybráno potrubí světlosti DN 250.

Na dně čerpací stanice se nachází čerpací zařízení (čerpadlo). Po dosažení zapínací hladiny se spustí čerpadlo FLYGT N-pump SH 276 a čerpá odpadní vodu výtlačným potrubím do dalšího úseku kanalizace. Výtlačné potrubí bylo voleno polyethylenové se světlostí DN 100. Čerpadla jsou instalována ve dvojici z důvodu 100% zálohy, každé z nich je vybaveno spouštěcím zařízením pro možnost instalace pomocí spouštěcích tyčí.

Na závěr byl demonstrován alternativní návrh řešení pomocí čerpací stanice se separací tuhých látek Wilo-EMUport CORE 20.2-25B. Tato varianta je již běžně používána a mohla by v blízké budoucnosti nahradit některé typy konvenčních čerpacích stanic. Výhodou je prodloužení životnosti čerpadel a způsob instalace stanice.

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí práce doc. Ing. Sylvě Drábkové, Ph.D. za pomoc, vedení a poskytnutí potřebných informací pro vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat za neustálou podporu přítelkyni Monice a mé rodině.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Automatic grease lubricator (+PS). In: *Victor pumps* [online]. Germany [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.victorpumps.com/pumps/s-pump/>
- [2] BLÁHA, Jaroslav a Karel BRADA. *Hydraulické stroje*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1992. Česká matice technická, č. spisu 436. ISBN 80-03-00665-1.
- [3] ČÍŽEK, Pavel, František HEREL a Zdeněk KONÍČEK. *Stokování a čištění odpadních vod*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1970.
- [4] ČSN 75 6101: *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: HYDROPROJEKT CZ, 2012.
- [5] Datový list: EMUport CORE 20.2-10B. In: *Wilo* [online]. 2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: [https://wilo.com/il/en/Products-and-expertise/Series-Finder/EMUport-CORE-20.2-10B\\_5316.html](https://wilo.com/il/en/Products-and-expertise/Series-Finder/EMUport-CORE-20.2-10B_5316.html)
- [6] FLYGT White paper: Material selection for wastewater pumps. In: *FLYGT* [online]. Charlotte, ©2015 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.xylem.com/siteassets/support/tekniska-rapporter/white-papers-pdf/material-selection-for-wastewater-pumps>
- [7] HCP AS-35, mechanická ucpávka pro kalové čerpadlo. In: *Čerpadlo Čerpadla* [online]. České Budějovice: Eshop-rychle, 2020, © 2019 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.cerpadlo-cerpadla.cz/HCP-AS-35-mechanicka-ucpavka-pro-kalove-cerpadlo-d6128.htm>
- [8] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-86020-30-4.
- [9] JANALÍK, Jaroslav. *Kalová čerpadla: studijní opora*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2011. ISBN 978-80-248-2717-9.
- [10] Kalové čerpadlo. In: *K+H ČERPACÍ TECHNIKA* [online]. Olomouc: Orbinet, ©2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <http://www.kalove-cerpadlo.cz/>
- [11] MALANÍK, Stanislav. Problematika návrhu kanalizačních čerpacích stanic: Doprava odpadních vod v dnešní době. In: *Vodovod.info* [online]. Joomla!Art, ©2013, 27. listopad 2015 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/kanalizace-a-cov/313-problematika-navrhu-kanalizacnich-cerpacich-stanic#.Xp14TMgzZPb>
- [12] MELICHAR, Jan a Jaroslav BLÁHA. *Problematika soudobé čerpací techniky: vybrané partie*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03719-5.



- [13] Návod k montáži a obsluze: Wilo-EMUport CORE. In: *Willo* [online]. 2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: [https://wilo.com/cz/cs/Produkty-a-aplikace/Hled%C3%A1n%C3%AD-konstruk%C4%8Dn%C3%AD-%C5%99ady/Wilo-EMUport-CORE\\_232.html](https://wilo.com/cz/cs/Produkty-a-aplikace/Hled%C3%A1n%C3%AD-konstruk%C4%8Dn%C3%AD-%C5%99ady/Wilo-EMUport-CORE_232.html)
- [14] NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9947-3.
- [15] Odstředivé čerpadlo. In: *E-konstruktor* [online]. Praha, ©2013-2017 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/files/gallery/odstredive-cerpadlo.png>
- [16] PIPELIFE. *Kanalizační systémy technický manuál*. 9/2015. Otrokovice, 2015
- [17] Provedení oběžných kol. In: *Papcel* [online]. Brno: PS Works, ©2016-2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.papcel.cz/produkty/papir/lepenka/pripravna-latky/strojni-zarizeni/cerpadla-nadrze-zahustneni-vyplivu/cerpadla/>
- [18] *SIGMAshop.cz* [online]. Brno: IT STUDIO, ©2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.sigmashop.cz/>
- [19] Technická dokumentace FLYGT: Flygt N-pump Series. In: *Xylem* [online]. 2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: [https://www.xylem.com/siteassets/brand/flygt/flygt-resources/flygt-resources/fb002-896876\\_flygt\\_n-pump\\_series.pdf](https://www.xylem.com/siteassets/brand/flygt/flygt-resources/flygt-resources/fb002-896876_flygt_n-pump_series.pdf)
- [20] Technická dokumentace MWQ: Katalogový list WQ professional, MWQ. In: *OBCHODCERPADEL.CZ* [online]. ©2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.obchodcerpadel.cz/detail-produktu/mwq-501100-kalove-cerpadlo-s-drticem-400v/#qtab=t3>
- [21] Technická specifikace FLYGT 3153, 50 Hz. In: *Lenntech* [online]. 2012 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.lenntech.com/Data-sheets/Flygt-3153-L.pdf>
- [22] *Technický standard SMVAK: Objekty na stokové síti*. 4. Ostrava: Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava, 2019.
- [23] Vortex. In: *Aquafam* [online]. Praha: Aquafam, ©2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: [https://www.aquafam.cz/wp-content/uploads/dreno/impeller/01\\_vortex.jpg](https://www.aquafam.cz/wp-content/uploads/dreno/impeller/01_vortex.jpg)
- [24] VRÁNA, Jakub. Vliv místních odporů na tlakové ztráty v potrubí. In: *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2020, 23. 4. 2012 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/teorie-voda-kanalizace/8514-vliv-mistnich-odporu-na-tlakove-ztraty-v-potrubu>
- [25] REINBERK, Zdeněk. Záznam hodnot výpočtu lineární interpolace. In: *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/150-linearni-interpolace-extrapolace>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA A – TECHNICKÝ STANDARD SMVAK [9]

PŘÍLOHA B – NOMOGRAM PRO VOLBU POTRUBÍ [8]

PŘÍLOHA C – ITERACE DLE WHITE – COLEBROOKOVA VZTAHU


PŘÍLOHA D – ÚDAJE PRO CHARAKTERISTIKU POTRUBÍ

PŘÍLOHA E – POPIS MATERIÁLU HARD IRON [15]

PŘÍLOHA F – ČERPADLO FLYGT (MEDIUM CAPACITY) [11]

PŘÍLOHA G – FUNKCE ČERPADLA FLYGT [11]

# PŘÍLOHA A – TECHNICKÝ STANDARD SMVAK [22]

Název dokumentu:				
OBJEKTY NA STOKOVÉ SÍTI				
Číslo dokumentu:	Vydání číslo:	Účinnost vydání od:	Strana číslo:	
TS-25.09	4	1.6.2019	35 / 46	

## 3.8 NAVRHOVÁNÍ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KANALIZAČNÍCH ČERPAČÍCH STANIC

Výkresová část - vzorové přílohy:

Vzorová kanalizační čerpací stanice (obr. 18, 19)

### Popis a zásady pro navrhování

#### 3.8.1 Návrh stokové sítě a kanalizačních čerpacích stanic - všeobecné požadavky

Účelem stokových sítí a kanalizačních čerpacích stanic (dále KČS) je spolehlivé, hospodárné a zdravotně neškodné odvádění odpadních vod z určeného území nebo připojené nemovitosti do zařízení na čištění odpadních vod (čistírny odpadních vod, dešťové nádrže). Tím stokové sítě a kanalizační čerpací stanice zajišťují ochranu vodního recipientu před znečištěnými odpadními vodami (tj. i znečištěnými dešťovými odpadními vodami) z urbanizovaných povodí.

Stoková síť se navrhuje jako gravitační, tlaková, podtlaková nebo jejich kombinace.

Stoky a kanalizační čerpací stanice se musí navrhnout a provádět jako vodotěsné konstrukce, vodotěsnost se zkouší podle příslušných ČSN a EN.

Do splaškových vod oddílné soustavy nesmí být zaústěny dešťové vody.

#### 3.8.2 Kanalizační čerpací stanice


Základní technické rozdělení rozdělení KČS :

- Podzemní bez dalšího objektu
- Podzemní bez dalšího objektu, se suchou armaturní komorou
- Podzemní s nadzemním objektem
- Podzemní s nadzemním objektem, se suchou armaturní komorou
- Se separací tuhých látek
- Domovní čerpací stanice u tlakové kanalizace ( pořízení tohoto druhu čerpacích stanic zajišťuje zpravidla majitel nemovitosti, použité zařízení – typ čerpadla a volby automatiky provozu, podléhá schválení provozovatele kanalizace).

V nadzemní části KČS je umístěn rozváděč, včetně SŘTP, a zařízení dálkového dohledu nad KČS, stabilní nebo přenosné (patka) zvedací zařízení čerpadel, případně oplocení.

##### 3.8.2.1 Stavební řešení

- ☐ Podmínkou pro umístění KČS je statický posudek, podložený geologickým posudkem na základě sondy v místě KČS.
- ☐ Při návrhu KČS (v rámci PD) je nutno doložit hydraulický návrh objemu čerpací jímky výpočtem.
- ☐ Při návrhu KČS (v rámci PD) je nutno doložit technickou dokumentaci k čerpadlům, včetně základních parametrů Q a H, přičemž při dopravní výšce nad 50 m je nutno navrhnout proti rázovou ochranu navrženého systému.
- ☐ Při návrhu KČS (v rámci PD) nutno respektovat hladinu podzemní vody a bezpečnosti proti vztlaku.
- ☐ KČS musí být opatřena havarijním přepadem, pokud je to technicky možné.
- ☐ Před KČS musí být umístěn rozdělovací objekt s prohloubeným dnem a vřetenovým

Název dokumentu:				 Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.
OBJEKTY NA STOKOVÉ SÍTI				
Číslo dokumentu:	Vydání číslo:	Účinnost vydání od:	Strana číslo:	
TS-25.09	4	1.6.2019	36 / 46	

šoupátkem, umožňujícím obtok KČS.

- Na bezpečnostních a havarijních případech musí být osazeny zpětné klapky a to v samostatné revizní šachtě.
- Čerpací jímky mají být přednostně kruhové, dno spádované k čerpadlům s možností vyčerpání jímky do dna.
- Armaturní komora musí být suchá a vodotěsně oddělená od ostatního prostoru KČS s odvětráním. Odvětrány musí být všechny uzavřené prostory.
- Všechny prostory v betonových konstrukcích musí být vodotěsné.
- KČS musí být buď uzavřená a opatřena uzamykatelným poklopem s možností větrání nebo zastřešena.
- Vstup do jímek musí být zajištěn pomocí stupadel, popř. žebříků, v případě použití žebříku ploché nástupnice.
- Vstupní poklopy musí být uzamykatelné se samostatným poklopem pro každé čerpadlo a česlicový koš.
- Vstupní dveře do KČS budou oplechované nebo ocelové s povrchovou úpravou nebo plastové
- Celkové osazení stavební části bude min. 0,2 m nad terén tak, aby bylo zabráněno nátoky povrchových vod.
- Obtěžování zápachem v blízkosti zástavby řešit instalací odvětrání a odpachovacího filtru s časově regulačním spínačem ( v návaznosti na normu TNV 75 60 11, která řeší ochranná pásma čerpací stanice v závislosti na kapacitě v m<sup>3</sup> za den).

### 3.8.2.2 Strojní vybavení kanalizační čerpací stanice

- Vtok do jímky musí být opatřen česlemi v závislosti na typu čerpadla, s okapovým nerezovým žlabem, s ručním odstraňováním shrabků, nebo česlicovým košem.
- Umístění česlicového koše, vstupního žebříku, nebo stupadel a vlastních čerpadel, musí být provedeno tak, aby si vzájemně v prostoru nepřekážely při provozu a manipulaci s nimi.
- Zařízení musí být z nerezavějících materiálů: podesty, stupadla, zábradlí, žebříky (nerezové nástupnice ploché, ne kulaté), madla apod. (z nerezové oceli vhodné kvality, nebo z kompozitů).
- V případě, že bude osazen česlicový koš, musí mít možnost snadného vytažení a vyčištění.
- Vybavení armaturami: zpětná klapka s uzavíracím šoupátkem, odvodnění s uzavíracím šoupátkem a indukční průtokoměr.
- Armatury na potrubí se umísťují tak, aby k nim byl bezpečný přístup a prostor na montáž, obsluhu, údržbu nebo výměnu. Na ulehčení montáže a demontáže se umísťují montážní vložky.
- Čerpadla musí být instalována se 100 % rezervou a musí být umožněn jejich střídavý chod
- Pro možnost vytažení čerpadel bude v KČS instalováno stabilní nebo přenosné zvedací zařízení.
- Výstup z jímek KČS musí být bezpečně zajištěn výstupními madly a musí navazovat na žebřík v jímce.
- V případě hloubek větších než 4 m musí být navrženy mezipodesty.
- Obtěžování zápachem v blízkosti zástavby doporučujeme řešit instalací odvětrání a odpachovacího filtru s časově regulačním spínačem ( v návaznosti na normu TNV 75 60 11, která řeší ochranná pásma čerpací stanice v závislosti na kapacitě v m<sup>3</sup> za den).

# PŘÍLOHA B – NOMOGRAM PRO VOLBU POTRUBÍ [16]

INFRA

KANALIZAČNÍ SYSTÉMY

## 2.2. Hydraulika

Plastová potrubí mají velmi hladké, chemicky značně resistantní stěny, na kterých může dojít k inkrustaci jen velmi vzácně (Karlovy Vary apod.). Jejich velmi dobré hydraulické vlastnosti jsou proto trvalé. Minimální rychlost dopravovaného média by neměla klesnout pod 0,6 m/s, jinak mohou v potrubí ve větší míře sedimentovat tuhé částice. Norma doporučuje projektovat kanalizační síť pro rychlosti do 5 m/s. Nad tuto hodnotu se musí počítat s vyššími působícími silami a s případnými problémy, přesto lze v odůvodněných případech využít i vyšších hodnot. Dovolená maximální rychlost média v běžných trubkách z plastů je do 10 m/s (viz ČSN 75 6101/2012), u systémů PVC QUANTUM a PP MASTER až 15 m/s.

Hydraulické tabulky Pipelife umožňují stanovit průtočnou kapacitu potrubí daného průměru a spádu pro plný průtok i pro částečné plnění. Lze je v mezích přesnosti výpočtů a praktického měření použít pro hladké trubky SN 4, SN 8, PP Master, Quantum i Pragma+ID 10. Pro velký rozsah nejsou součástí tohoto technického manuálu - rádi Vám je na požádání zašleme, jsou také na našich webových stránkách. Najdete tam i **program pro hydrauliku trubek**.

V jednotlivých produktových prospektech jsou uvedeny nomogramy pro hydrauliku. a to jak pro plný průtok, tak pro částečné plnění potrubí.

### Odečítání hodnot na nomogramech pro hydrauliku:

Nomogram č. 1 (str. 11) obsahuje celkem 4 údaje:

DN potrubí  
objemový průtok  $Q$  (l/s)  
rychlost v potrubí  $V$  (m/s)  
spád potrubí  $v$  ‰

Při volbě dvou parametrů se dají jednoduše zjistit zbývající hodnoty. Nejčastější použití nomogramu je při návrhu vhodného průměru potrubí pro známé množství splašků, při známém spádu potrubí:

**Příklad 1:** vyhledání průměru potrubí pro dopravu 80 l/s srážek, které bude montováno ve spádu 3 ‰ (30 ‰). Vedeme v nomogramu přímkou hodnotou 80 l/s a 30 ‰. Jejich průsečík udává DN potrubí – odečteme to na šikmé stupnici s hodnotami DN vpravo od grafu. Bylo by to zhruba DN 225, což neexistuje. Menší potrubí by nestačilo, proto je VŽDY nutno volit nejbližší vyšší rozměr potrubí, v tomto případě DN 250. Pro daný případ odečteme i rychlost splašků pro zvolené potrubí DN 250: v průsečíku 3 ‰ (to je daná hodnota) a DN 250 vychází (podle šikmé stupnice s hodnotami nahoře) rychlost asi 2,6 m/s, což je v mezích normy. Skutečná kapacita trubek DN 250 při 3 ‰ je přitom vyšší než požadovaná, asi 120 l/s. První diagram udává kapacitu pro plný průtok potrubí. Pokud předpokládáme jen částečné plnění (výška vody v potrubí dělená průměrem potrubí  $h/d$  je menší než 1), najdeme si odpovídající korekční faktor v nomogramu č. 2 (str. 11).

**Příklad 2:** Hledáme objemový průtok pro při plnění cca 80 %. Pro ně si na průsečíku hodnoty 0,8 na ose ( $h/d$ ) s křivkou  $q/Q$  najdeme hodnotu 0,9, kterou průtok vynásobíme. Pro zjištění rychlosti najdeme korekční faktor pro  $h/d$  0,8 na průsečíku s křivkou  $v/V$ , kde odečteme hodnotu 1,03 (při tomto plnění dojde ke zvýšení rychlosti proti plně protékajícímu potrubí).

## 2.3. Kruhovát tuhost, statika, deformace

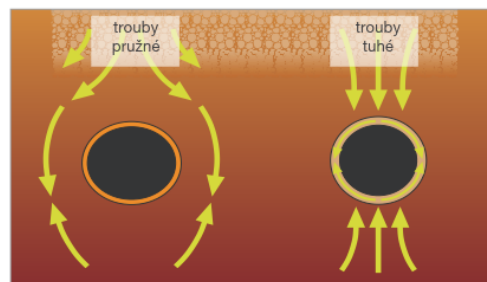
### 2.3.1. Pružné trubky uložené v zemi

Plastové trubky se chovají jako poddajné, a na zatížení reagují deformací úměrnou velikosti síly. Tento proces je v širokých mezích vratný a nedochází ke zničení trubky. Podstatné se tím liší od trub tuhých, které zachovávají tvar až do překročení tzv. vrcholové pevnosti, kdy dochází k nevratné destrukci se všemi negativními důsledky na funkci a ekologii.

Po uložení tvoří trubky s okolní zeminou systém, jehož komponenty se vzájemně ovlivňují.

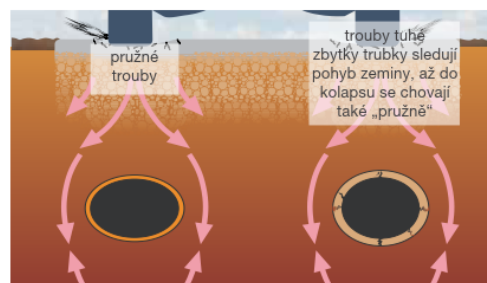
Málo únosná - např. málo hutněná - zemina se při zatížení „slehne“ a její pohyb nutně následuje plastová trubka, méně tuhá než zemina. Velikost deformace je určena celkovým zatížením, vlastnostmi trubky a vlastnostmi zeminy. Pro nižší tuhost zeminy (při nižším stupni zhutnění) musí být volena vyšší tuhost trubky a naopak. Tuhé trubky přenášejí zatížení pod sebe, proto vyžadují důkladnou přípravu lože, přesto většinou vykazují větší poklesy při hutnění než pružné trubky.

#### Trubky v zemi potřebují pružnost!



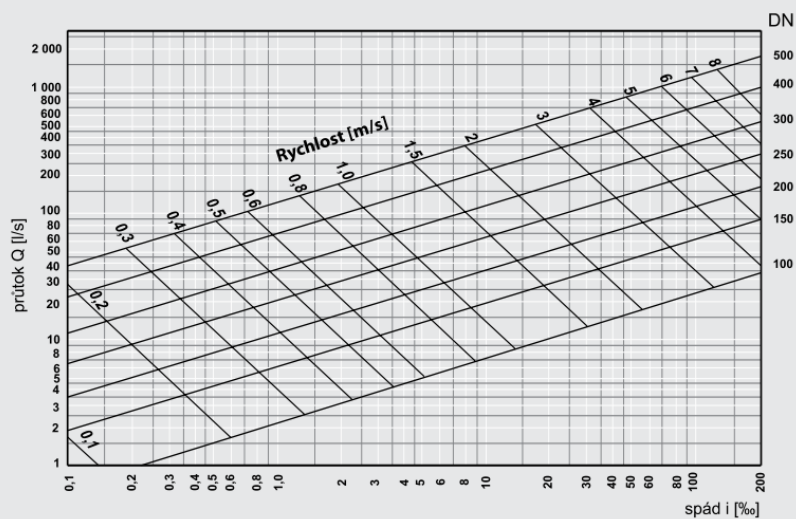
Průběh zatížení trubek

Obr. 13

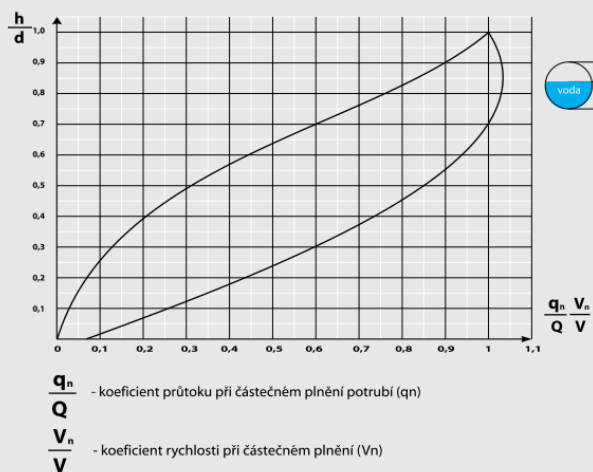


Reakce trubek na zatížení

Obr. 14



Nomogram průtoku plastovým potrubím (plný průtok)



Nomogram korekčního faktoru

## PŘÍLOHA C – ITERACE DLE WHITE – COLEBROOKOVA VZTAHU

$\nu$	Re	Colebrook-White DN 80					Blasius DN 80	Altšul DN 80	$\nu$	Re	Colebrook-White DN 100					Blasius DN 100	Altšul DN 100
		$\lambda_a$	$\lambda_b$	$\lambda_c$	$\lambda_d$	AKONEČNE					$\lambda_a$	$\lambda_b$	$\lambda_c$	$\lambda_d$	AKONEČNE		
(m·s <sup>-1</sup> )	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m·s <sup>-1</sup> )	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-
0,1	6154	0,04015	0,03872	0,03889	0,03887	0,03887	0,03572	0,03731	0,1	7692	0,03721	0,03625	0,03636	0,03635	0,03635	0,03378	0,03528
0,2	12308	0,03443	0,03399	0,03403	0,03403	0,03403	0,03004	0,03257	0,2	15385	0,03208	0,03189	0,03190	0,03190	0,03190	0,02841	0,03080
0,3	18462	0,03215	0,03199	0,03200	0,03200	0,03200	0,02714	0,03040	0,3	23077	0,03003	0,03003	0,03003	0,03003	0,03003	0,02567	0,02875
0,4	24615	0,03090	0,03084	0,03085	0,03085	0,03085	0,02526	0,02912	0,4	30769	0,02890	0,02896	0,02896	0,02896	0,02896	0,02389	0,02754
0,5	30769	0,03011	0,03010	0,03010	0,03010	0,03010	0,02389	0,02826	0,5	38462	0,02818	0,02827	0,02827	0,02827	0,02827	0,02259	0,02672
0,6	36923	0,02955	0,02958	0,02957	0,02958	0,02958	0,02283	0,02764	0,6	46154	0,02768	0,02778	0,02778	0,02778	0,02778	0,02159	0,02614
0,7	43077	0,02915	0,02918	0,02918	0,02918	0,02918	0,02196	0,02717	0,7	53846	0,02731	0,02742	0,02741	0,02741	0,02741	0,02077	0,02569
0,8	49231	0,02884	0,02888	0,02888	0,02888	0,02888	0,02124	0,02680	0,8	61538	0,02703	0,02714	0,02713	0,02713	0,02713	0,02009	0,02534
0,9	55385	0,02859	0,02864	0,02864	0,02864	0,02864	0,02062	0,02650	0,9	69231	0,02680	0,02691	0,02691	0,02691	0,02691	0,01951	0,02506
1	61538	0,02839	0,02844	0,02844	0,02844	0,02844	0,02009	0,02625	1	76923	0,02662	0,02672	0,02672	0,02672	0,02672	0,01900	0,02483
1,1	67692	0,02822	0,02828	0,02827	0,02827	0,02827	0,01962	0,02605	1,1	84615	0,02647	0,02657	0,02657	0,02657	0,02657	0,01855	0,02463
1,2	73846	0,02808	0,02814	0,02813	0,02813	0,02813	0,01919	0,02587	1,2	92308	0,02635	0,02644	0,02644	0,02644	0,02644	0,01815	0,02447
1,3	80000	0,02797	0,02802	0,02802	0,02802	0,02802	0,01881	0,02572	1,3	100000	0,02624	0,02633	0,02632	0,02632	0,02632	0,01779	0,02432
1,4	86154	0,02786	0,02791	0,02791	0,02791	0,02791	0,01847	0,02559	1,4	107692	0,02614	0,02623	0,02623	0,02623	0,02623	0,01747	0,02420
1,5	92308	0,02777	0,02782	0,02782	0,02782	0,02782	0,01815	0,02547	1,5	115385	0,02606	0,02614	0,02614	0,02614	0,02614	0,01717	0,02409
1,6	98462	0,02769	0,02774	0,02774	0,02774	0,02774	0,01786	0,02537	1,6	123077	0,02599	0,02607	0,02607	0,02607	0,02607	0,01689	0,02399
1,7	104615	0,02762	0,02767	0,02767	0,02767	0,02767	0,01759	0,02527	1,7	130769	0,02593	0,02600	0,02600	0,02600	0,02600	0,01664	0,02390
1,8	110769	0,02756	0,02761	0,02761	0,02761	0,02761	0,01734	0,02519	1,8	138462	0,02587	0,02594	0,02594	0,02594	0,02594	0,01640	0,02383
1,9	116923	0,02750	0,02755	0,02755	0,02755	0,02755	0,01711	0,02512	1,9	146154	0,02582	0,02589	0,02589	0,02589	0,02589	0,01618	0,02375
2	123077	0,02745	0,02750	0,02750	0,02750	0,02750	0,01689	0,02505	2	153846	0,02577	0,02584	0,02584	0,02584	0,02584	0,01598	0,02369



## PŘÍLOHA D – ÚDAJE PRO CHARAKTERISTIKU POTRUBÍ

DN 80 - Údaje pro charakteristiku potrubí					DN 100 - Údaje pro charakteristiku potrubí				
$v \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$	$Qv \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$Re \text{ (-)}$	$\lambda \text{ (-)}$	$\gamma_d \text{ (J} \cdot \text{kg}^{-1})$	$v \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$	$Qv \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$Re \text{ (-)}$	$\lambda \text{ (-)}$	$\gamma_d \text{ (J} \cdot \text{kg}^{-1})$
0	0	0	-	77,01	0	0	0	-	77,01
0,1	0,001	6154	0,0389	77,81	0,1	0,001	7692	0,0364	77,61
0,2	0,001	12308	0,0340	79,83	0,2	0,002	15385	0,0319	79,15
0,3	0,002	18462	0,0320	82,99	0,3	0,002	23077	0,0300	81,56
0,4	0,002	24615	0,0308	87,27	0,4	0,003	30769	0,0290	84,83
0,5	0,003	30769	0,0301	92,67	0,5	0,004	38462	0,0283	88,95
0,6	0,003	36923	0,0296	99,19	0,6	0,005	46154	0,0278	93,93
0,7	0,004	43077	0,0292	106,81	0,7	0,005	53846	0,0274	99,75
0,8	0,004	49231	0,0289	115,55	0,8	0,006	61538	0,0271	106,43
0,9	0,005	55385	0,0286	125,40	0,9	0,007	69231	0,0269	113,95
1,0	0,005	61538	0,0284	136,36	1	0,008	76923	0,0267	122,32
1,1	0,006	67692	0,0283	148,42	1,1	0,009	84615	0,0266	131,54
1,2	0,006	73846	0,0281	161,60	1,2	0,009	92308	0,0264	141,61
1,3	0,007	80000	0,0280	175,88	1,3	0,010	100000	0,0263	152,52
1,4	0,007	86154	0,0279	191,27	1,4	0,011	107692	0,0262	164,28
1,5	0,008	92308	0,0278	207,78	1,5	0,012	115385	0,0261	176,89
1,6	0,008	98462	0,0277	225,38	1,6	0,013	123077	0,0261	190,35
1,7	0,009	104615	0,0277	244,10	1,7	0,013	130769	0,0260	204,65
1,9	0,010	116923	0,0275	284,86	1,9	0,015	146154	0,0259	235,80
2	0,010	123077	0,0275	306,90	2	0,016	153846	0,0258	252,65



## PŘÍLOHA E – POPIS MATERIÁLU HARD IRON [6]

### Hard-Iron™

Hard-Iron has medium corrosion-resistant and very good wear-resistant properties. Wear tests show that the lifetime of an impeller made of Hard-Iron can be more than three times longer than an impeller made of hardened grey iron.

Hard-Iron is a high-strength cast iron alloy composed of 25% chromium and 3% carbon. During the solidification process, the chromium and carbon transform into very hard carbides. This makes Hard-Iron highly resistant to abrasive wear and erosion-corrosion.

Hard-Iron is more suitable for use in typical wastewater applications than stainless steel. Stainless steel will cause galvanic corrosion of the surrounding materials and reduce the total lifetime of the system.

Accelerated wear tests with sand have been conducted at the Xylem laboratory. Before the tests, the clearance between the impeller and the pump volute measured 0.3 mm. The test results show that impeller wear of stainless steel and grey iron occurs at approximately the same rate. After 50 - 63 hours of accelerated testing, the impeller clearance was measured at 2 mm (Figure 4). An impeller made of Hard-Iron lasts approximately three times longer; after 190 hours of accelerated testing, wear widened the impeller clearance to 2 mm.

### Accelerated wear test

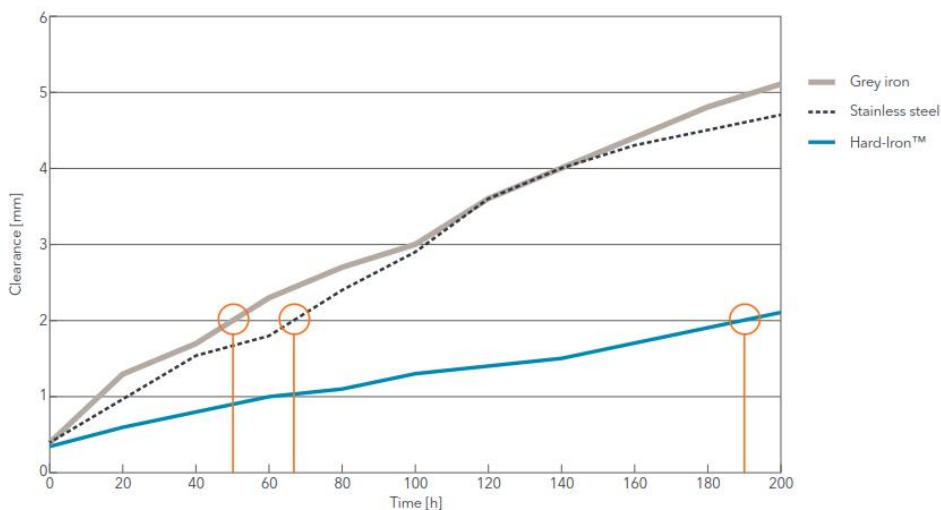


Figure 4: The tests above shows the comparison of material wear. The use of Hard-Iron minimizes wear on pump impellers and prolongs impeller lifetime.

# PŘÍLOHA F – ČERPADLO FLYGT (MEDIUM CAPACITY)

[19]

TECHNICAL DATA

## BETTER HEAT TRANSFER

Our specially designed and manufactured motor provides enhanced cooling because heat losses are concentrated around the stator. Trickle impregnated in resin (Class H insulation), the stator windings are rated at 180°C (355°F) and enable up to 30 starts per hour.

## EFFICIENT COOLING

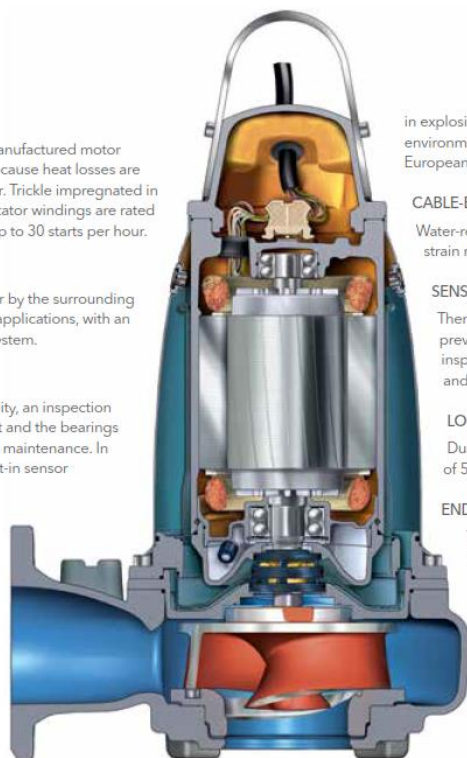
These pumps are cooled either by the surrounding liquid or, in more demanding applications, with an internal closed-loop cooling system.

## INSPECTION CHAMBER

To increase operational reliability, an inspection chamber between the seal unit and the bearings enables rapid spot checks and maintenance. In the case of a seal failure, a built-in sensor provides an early warning of any fluid buildup, thus reducing the risk of expensive repair work.

## COMPLIANCE

Each pump is tested and approved in accordance with national and international standards, including IEC60034-1 and CSA. Pumps are available



in explosion-proof versions for use in hazardous environments, and are approved by the Factory Mutual, European Standard and IEC.

## CABLE-ENTRY

Water-resistant cable entry provides both sealing and strain relief functions to ensure a safe installation.

## SENSORS

Thermal sensors embedded in the stator windings prevent overheating, and a leakage sensor in the inspection chamber minimizes the risk for bearing and stator failure.

## LONG-LIFE BEARINGS

Durable bearings provide a minimum service life of 50,000 hours.

## ENDURING SEALS

The Flygt Plug-in™ seal with the Active Seal™ system offers increased sealing reliability and zero leakage into the motor, thereby reducing the risk of bearing and stator failure.

## Flygt Plug-in™ seal with Active Seal™ system

The Flygt Plug-in™ seal is a seal unit that eliminates the risks associated with incorrect installation and careless handling. It comprises the Active Seal™ system in one easy-to-handle unit.

The Active Seal™ system is a patented zero-leakage double-seal system that actively prevents liquid from entering the motor cavity, thereby reducing the risk for bearing and stator failure. It comprises a unique



Inner seal with laser-cut spiral grooves.



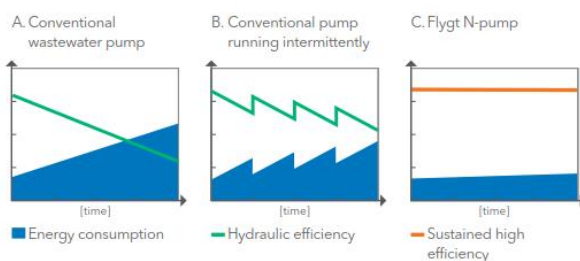
inner seal that acts as a micro-pump and an outer seal that prevents leakage of pumped media into the buffer chamber.

Laser-cut grooves on the inner seal create a hydrodynamic pumping effect that prevents any leakage from entering the motor. This translates into enhanced sealing reliability, reduced downtime and fewer unscheduled maintenance checks. In addition, regular service inspections can be prolonged in many applications.

## Self-cleaning N-pump saves money

### Sustained high efficiency

When solid objects such as stringy fibrous material and modern trash enter the inlet of a conventional pump, they tend to get caught on the leading edges of the impeller vanes. This buildup reduces the impeller's efficiency, resulting in increased power consumption (Fig. A) and generating increased energy charges.



As solids continue to build up inside the impeller, motor thermal protection can trip causing the pump to stop and leading to costly unplanned service calls. If a conventional wastewater pump runs intermittently, the solids buildup will be removed by backflushing when the pump is shut off at the end of the operating cycle. When the next cycle begins, efficiency returns to its initial value since the impeller is free from solid objects (Fig B).

The high efficiency of the Flygt N-pump is sustained over time due to its self-cleaning ability, keeping energy costs to a minimum (Fig. C ).

All Flygt N-pumps have the same self-cleaning performance regardless of duty point.

### THE SELF-CLEANING CONCEPT

Stage 1. Most solid objects entering the pump will pass through the impeller between the impeller vanes. If an object gets caught on the leading edge of one of the vanes, it will slide along the backswept shape towards the perimeter of the inlet.



Stage 2. The solid object will slide along the tip of the impeller vane inside the relief groove. The guide pin in the insert ring will push all types of solids away from the center of the impeller, along the leading edge and out through the relief groove.

